

Aus der Chirurgischen Klinik
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Prof. Dr. K. Vosschulte

Die operative Behandlung von Schenkelhalsfrakturen
– Einfluß des Neigungswinkels der Frakturebenen
und des Osteosynthesematerials auf die
Knochenheilung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Jürgen Kraus
aus Gießen

Gießen 1970

Aus der Chirurgischen Klinik
der Justus Liebig-Universität Gießen
Direktor: Prof. Dr. K. Vosschulte

Die operative Behandlung von Schenkelhalsfrakturen
— Einfluß des Neigungswinkels der Frakturebenen
und des Osteosynthesematerials auf die
Knochenheilung

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Medizinischen Fakultät
der Justus Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von
Jürgen Kraus
aus Gießen

Gießen 1970

Dekan: Prof. Dr. E. Habermann

Referent: Prof. Dr. Ecke

Korreferent: Prof. Dr. Rettig

Meinen Eltern
in Dankbarkeit gewidmet

UNIV. LEIDEN
BIBL.



I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

A	EINLEITUNG	Seite 1
	Geschichtliches	1
	Problemstellung	3
	Arten der Schenkelhalsfrakturen	5
	Behandlungsmethoden	8
B	KRANKENGUT DER CHIRURGISCHEN UNIVERSITÄTS-KLINIK GIESSEN - OPERATIVE BEHANDLUNGSMETHODEN UND ERGEBNISSE 1955 - 1969	11
	Statistik des Krankengutes	11
	Frakturverteilung nach MATTI	12
	Frakturverteilung unter Berücksichtigung des Neigungswinkels der Frakturebenen	12
	Geschlechtsverteilung	13
	Seitenverteilung	14
	Pathologische Frakturen	14
	Altersverteilung	14
	Präoperative degenerative Knochen- und Gelenksveränderungen	16
	Unfallarten	16
	Operative Behandlungsmethoden	16
	Übersicht über die Behandlungsmethoden	17
	Stationäre Behandlungszeit	18
	Ergebnisse	19
	Frühergebnisse	19
	Letalität	19
	Todesursachen	20
	Wundinfektionen	20

Spätergebnisse	Seite 21
Summarische Zusammenstellung	
der Spätergebnisse	22
Frakturlokalisation und Heilungs-	
störungen	23
Neigungswinkel der Bruchebene und	
Heilungsstörungen	24
Osteosynthesematerial und	
Heilungsstörungen	25
Klinische Spätergebnisse	26
Häufigkeit der postoperativen	
Coxarthrose	30
C KRIK AN DEN OPERATIVEN VERFAHREN	30
D PHYSIKALISCHE ÜBERPRÜFUNG DES OSTEO-	
SYNTHESMATERIALS	39
Allgemeines	39
Ergebnisse	43
Zusammensetzung der Werkstoffe	43
Ergebnisse der Härteprüfungen	43
Ergebnisse der Belastbarkeits-	
prüfungen	44
Versuchsanordnung	44
Ergebnis der Belastungsprobe	
beim Laschennagel	46
Ergebnis der Belastungsprobe	
bei der POHL'schen Schraube	47
Ergebnis der Belastungsprobe	
bei der WINTER'schen Schraube	48
Ergebnis der Belastungsprobe	
beim PUGH-Gleitnagel	49
Ergebnis der Belastungsprobe	
beim AO Nagel	51

	Ergebnis der Belastungsprobe beim SMITH-PETERSEN Nagel	Seite 51
	Ergebnis der Belastungsprobe beim Erprobungsnagel	52
	Ergebnis der Belastbarkeitsunter- suchung eines Laschennagels im Leichenknochen	53
E	KURZE ABHANDLUNG ÜBER DIE UNTERSUCHUNGS- METHODEN ZUR LEBENSFÄHIGKEIT DES SCHEN- KELKOPFES	58
F	DISKUSSION	59
G	KONSEQUENZEN AUS DER UNTERSUCHUNG ÜBER DIE STABILITÄT DER NÄGEL UND AUS DEN KLINISCHEN ERGEBNISSEN	68
H	ZUSAMMENFASSUNG	69
I	LITERATURVERZEICHNIS	72

LEBENS LAUF

A. EINLEITUNG

G e s c h i c h t l i c h e s

Zur Behandlung der frischen Schenkelhalsfraktur sind seit der ersten Diagnofizierung durch PARE im 16. Jahrhundert zahlreiche Verfahren angegeben worden. Der konservative Weg wurde erstmals durch v. LANGENBECK verlassen, der schon 1858 eine trans-trochantere Osteosynthese mittels einer Metallschraube durchführte. Bald folgten andere Autoren wie KÖNIG und SENN. Die Erfahrungen der Chirurgen blieben jedoch auf wenige Fälle beschränkt. Auch war das zur Osteosynthese benutzte Material recht unterschiedlich, so benutzte HEINE 1876 Elfenbeinnägel.

Die wenig befriedigenden Ergebnisse veranlassten jedoch zur Suche nach anderen Wegen. LEXER 1907 und auch ALBEE sahen in der Knochenbolzung mit auto- und heteroplastischem Material die Methode der Wahl. Sogar die primäre Kopfektirpation wurde empfohlen.

Im Jahre 1907 begann DELBET systematisch Metallschrauben zu verwenden. Er verfügte damit nach NICOLAYSEN über eine grössere Kasuistik (NICOLAYSEN 1879-1899 26 Fälle, DELBET 1920 128 Fälle).

Aber auch zur konservativen Therapie wurden Vorschläge gemacht, 1893 gibt MESSNER Stehbetten, 1908 WHITMAN eine neue Gipsmethode in Abduktionsstellung und Innenrotationsstellung des Beines zur Behandlung von Schenkelhalsfrakturen an.

So wurde von PUTTI die operative und die konservative Methode um das Jahr 1930 in ihrer Wirkung als gleichwertig angesehen. Erst die Konzeption des Dreilamellen Nagels durch den Amerikaner SMITH-PETERSEN (1925) rückte die operative Versorgung der Schenkelhalsfraktur in den Vordergrund. Der ursprünglich von ihm beschrittene Weg der Arthrotomie als Voraussetzung für die Nagelung wurde bald verlassen. STUYT (1931), HENSCHEN (1931), JERUSALEM

(1932) und SVEN JOHANSSON (1932) erwarben sich Verdienste um die Weiterentwicklung des Nagels und der Methodik. Der Dreilamellennagel wurde zentral durchbohrt und über einen Kirschnerdraht trans-trochanter eingeschlagen.

Um die Entwicklung der nun notwendigen Zielgeräte machten sich unter vielen vor allem FELSENRICH, VALLS-LAGOMARSINO, EGIDI und PUTTI verdient.

PUTTI war es auch, der die Stabilität der Osteosynthese mittels eines Nagels anzweifelte, und das Verfahren der Druckosteosynthese zu realisieren versuchte, das in der Folgezeit auch von CHARNLEY und jüngst von WELLER verfolgt wurde. Aus ähnlichen Überlegungen wandten sich POHL, REIMERS und PUGH der Gleitosteosynthese zu.

Ein Nagel ganz anderen Typs wurde 1949 durch WEIS aus einer Verbindung zwischen Nagel und Lanescher Platte entwickelt. Um Laschennägel bemühten sich auch JEWETT und REHBEIN.

Heute ist der ehemalige langwierige und komplizierte Eingriff durch eine Vervollkommnung der Methodik und durch den Einsatz moderner technischer Hilfsmittel in seiner Zeitdauer erheblich verkürzt worden (ECKE, SPITZER). Allein die Vielzahl der Behandlungsmethoden und die unterschiedlichen Ergebnisse zeigen, dass die Versorgung der frischen Schenkelhalsfraktur auch heute noch ungelöste Probleme stellt.

P r o b l e m s t e l l u n g

Gefürchtete Spätkomplikationen im Heilungsprozess frischer Schenkelhalsfrakturen sind:

- a) Kopfnekrosen
- b) Pseudoarthrosen, schliesslich
- c) der Schenkelhalsschwund.

Ursachen dieser bei Schenkelhalsfrakturen bis zu 50 % auftretenden Heilungsstörungen (ENDER) werden in biologischen und mechanischen Besonderheiten des coxalen Femurendes gesucht.

Unter den biologischen Besonderheiten wird die Callusbildung und die Blutversorgung des Oberschenkelkopfes angeführt.

Besonders die Arbeiten von TRUETA haben die Bedeutung der lateralen Epiphysengefässe für die Ernährung des Hüftkopfes hervorgehoben. TRUETA sieht als Ursache von Kopfnekrosen die Zerreissung der lateralen Epiphysengefässe in ihrem intraossärem Verlauf an.

Die Besonderheiten der Callusbildung am Schenkelhals sind durch Untersuchungen von FRANGENHEIM, SCHMORL, BONN und HESSE erwiesen. Diese Autoren zeigten, dass eine nennenswerte periostale Callusbildung im Bereich des Schenkelhalses nicht vorkommt. Daher wird die knöcherne Heilung durch den empfindlichen, in seiner Ausdehnung von dem Markraum begrenzten Markcallus übernommen.

Es bleibt das Verdienst PAUWELS¹, auf die mechanische Sonderstellung des oberen Femurendes hingewiesen zu haben.

In seinem 1935 veröffentlichten Werk analysiert er die unterschiedlichen Kräfte, die abhängig von dem Verlauf der Bruchebene auf eine Fraktur einwirken können und die Heilung entscheidend beeinflussen.

Auch wir messen der mechanischen Situation an der Frakturstelle Vorrang im Heilungsprozess zu; anders lassen sich auch die in Literaturangaben so weit gestreuten Fehlheilungsquoten nicht deuten.

Tabelle 1: Fehlheilungsquoten in der Literatur

Autor	Behandlungs- methoden	Kopf- nekrosen	Pseudo- arthrosen	Gesamt- Prozent- satz
PUTTI	Kompressions- schraube	-	-	15,8 %
LÖFBERG n. Putti	Gipsverband	-	-	36,0 %
FELSENREICH n. Putti	Nagel	-	-	17,7 %
EIGENTHALER	Böhler Nagel	29,9 %	4,25 %	34,2 %
NESTLE	Doppelnagelung nach K.H. Bauer	12,0 %	4,30 %	16,3 %
NIGST	--		14,90 %	
SCHAUWECKER u. WELLER	Kompressions- schraube	14,3 %		
MAKAI u. CERVENANSKY	Böhler Nagel u. Span		16,9 % - 52,9 %	
ODÉN n. Makai				47,0 %
BOYD n. Makai				47,7 %
LINTON n. Makai				36,4 %
BRÜCKNER u. SERFLING	Smith-Petersen Nagel	16,6 %	16,6 %	33,2 %

Fortsetzung Tabelle 1:

Autor	Behandlungs- methoden	Kopf- nekrosen	Pseudo- arthrosen	Gesamt- Prozent- satz
SMITH-PETERSEN	Nagel	15,0 %		
OTTOLENGHI	--	30,4 %	12,2 %	42,6 %
KRAUS	Laschen- nagel			5,3 %
	Pohl'sche Schraube			23,7 %
	Dreilamellen- nagel			18,2 %

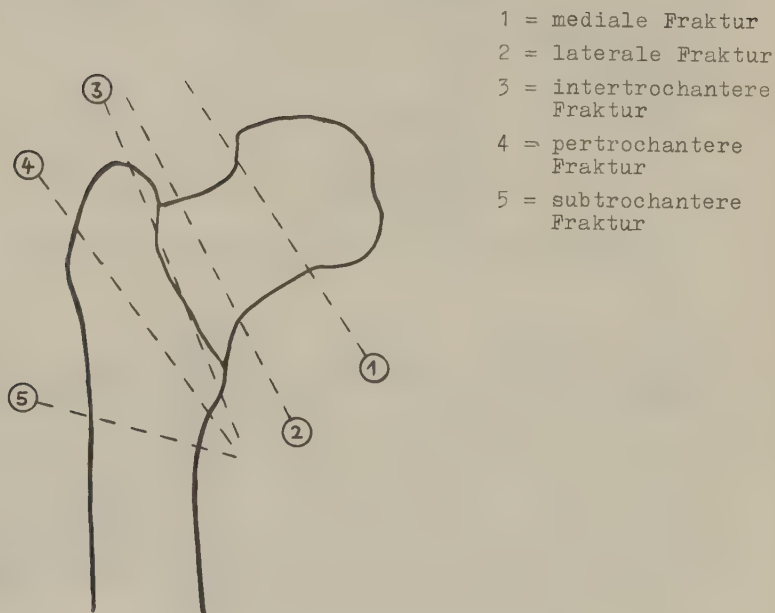
A r t e n d e r S c h e n k e l h a l s f r a k t u r e n

Zur Einteilung der Schenkelhalsbrüche sind verschiedene Gesichtspunkte herangezogen worden. Entweder wird die Lokalisation, der Entstehungsmechanismus oder der Neigungswinkel der Bruchebene zu Grunde gelegt. Aus der verwirrenden Vielzahl der Einteilungsvorschläge greifen wir zwei heraus, die sich als brauchbar erwiesen haben.

Zunächst eine Einteilung nach der Frakturlokalisation von MATTI (Abb. 1). Dabei wird zwischen medialen, lateralen, pertrochanteren und subtrochanteren Brüchen unterschieden. Wir haben in Modifikation des Schemas noch die Gruppe der intertrochanteren Frakturen als Sonderform des pertrochanteren Bruches eingefügt, weil es sich hierbei um gutheilende, grossflächige und glattrandige Frakturen handelt.

Die per- und subtrochanteren Frakturen sind im engeren Sinn keine Schenkelhalsfrakturen, werden aber im folgenden wegen ihrer ähnlichen Problematik und Behandlung in unsere Betrachtung einbegriffen.

Abb. 1 Modifizierte Fraktureinteilung nach MATTI



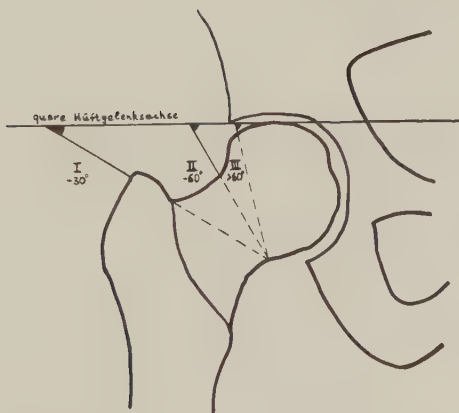
Zweitens teilt man die Frakturen in der von PAUWELS (Abb. 2) angegebenen Weise ein. Hierbei wird der unterschiedliche Neigungswinkel der Bruchebenen zum Kriterium. Die Abgrenzung von drei Typen ist bedingt durch die Konstellation der an der Fraktur wirksamen Kräfte:

Typ Pauwels I : Der Neigungswinkel bleibt unter 30° .
An der Fraktur überwiegen der Heilung nützliche Druckkräfte.

Typ Pauwels II : Der Neigungswinkel liegt zwischen 30° und 60° . Es beginnen zusätzlich heilungsstörende Scherkräfte wirksam zu werden.

Typ Pauwels III: Der Neigungswinkel übersteigt 60° . Hier treten starke Scherkräfte auf. Zusätzlich entsteht ein Kippmoment des Kopfes.

Abb. 2 Fraktureinteilung nach PAUWELS
(Der Neigungswinkel ist schwarz gekennzeichnet.)



Behandlungsmethoden

Sichtet man die Literatur, so stösst man auf eine grosse Zahl von Behandlungsvorschlägen, die zum Teil nur geringfügige Modifikationen darstellen. Wir beschränken uns deshalb auf die Darstellung der wesentlichen Verfahren.

a) Konservative Behandlung

Hier sind die einfache Lagerung des erkrankten Beines zwischen Sandsäcke, die Lagerung auf einer Volkmannscheine, das Anlegen eines Unterschenkelgipses mit Querholm zur Lagerung, der WHITMAN-Gips und das Anlegen einer Drahtextension mit Innenrotation zu nennen. Alle diese Verfahren sollten heute nur noch bei inoperablen Patienten angewendet werden.

b) Operative Therapie

Bei den operativen Verfahren ist eine Gliederung nach wesentlichen Grundprinzipien notwendig.

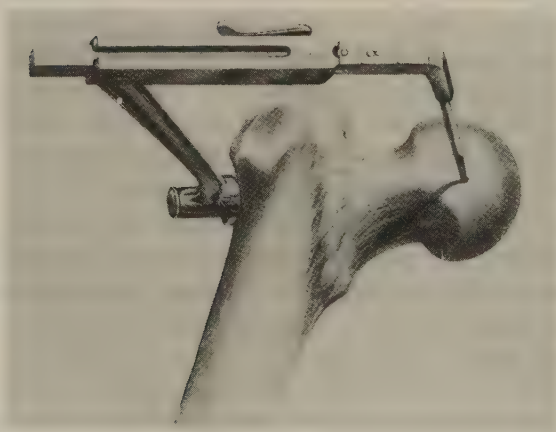
1. Die Nagelung mit dem Dreilamellen Nagel nach SMITH-PETERSEN (Modifikationen von SVEN JOHANSSON, FELSENREICH u. BÖHLER). Änderungen der Nageltechnik sind von BÖHLER, KÜNTSCHER und K. H. BAUER angegeben worden (Steilnagelung und Doppelbolzung). Auch die Kombination von Nagel und Knochenspan wird angewendet (MAKAI und CERVENANSKY).
2. Die Nagelung mit Laschennägeln. Es handelt sich hier um eine Gruppe von Nägeln, die durch Ausbildung einer am Femurschaft zu befestigenden Lasche besonders günstige Voraussetzungen für eine stabile Osteosynthese bieten (JEWETT, REHBEIN und WEIS). Ihre Anwendung ist bei allen Frakturen des oberen Femurendes möglich.

3. Schon 1942 bezweifelte PUTTI den Wert der Nage-
lung für die Erzielung einer stabilen Osteosynthese.
Deshalb konzipierte er das Prinzip der Druckosteo-
synthese: Mittels speziell konstruierter Schrauben
wird das Kopffragment nach seiner Reposition unter
Druck auf der Frakturstelle fixiert.
4. Ein anderes Prinzip wurde von POHL, REIMERS und
PUGH verfolgt. Sie suchten nach einer Methode,
die eine stabile Osteosynthese bei gleichzeitiger
Vermeidung der so gefürchteten Sperrwirkung durch
Schenkelhalsschwund gestattet und versuchten, eine
Gleitosteosynthese zu realisieren. Es handelt sich
um Nägel oder Schrauben, die sich durch eine tele-
skopartige Führung verkürzen können.
5. Zum Schluss sei noch der primäre Hüftkopfersatz
erwähnt, der bei bestimmter Indikationsstellung
auch zur Versorgung der frischen Schenkelhalsfrak-
tur empfohlen wird (MOORE, THOMPSON, SPIER, BANDI,
WITT, JÄGER und ISELIN).

Die Mehrzahl der aufgezählten Verfahren benötigen zur
genauen Placierung des Osteosynthesematerials, die meist
über einen Führungsdraht geschieht, eine Zielvorrichtung.
Aus diesem Grund erscheint ein kurzer Überblick über die
Entwicklung entsprechender Methoden nützlich. Die Suche
nach geeigneten Geräten begann, nachdem sich die ge-
schlossenen, trans-trochanteren Osteosyntheseverfahren
einbürgerten. Die Vielzahl der entwickelten Methoden er-
langte nur örtliche Bedeutung (ECKE).

Als Beispiel für viele sei das Führungsgerät von VALLS-
LAGOMARSINO (1934), das seinerseits wieder auf einem
1933 von STERLING BUNNEL angegebenen Prinzip basiert
(nach PUTTI), erwähnt (Abb. 3).

Abb. 3 Führungsgerät nach VALLS-LAGOMARSINO
(Die Abbildung wurde dem Buch "Die operative
Behandlung der Schenkelhalsbrüche" von V. PUTTI
entnommen.)



Die leitenden Gedanken stellen sich so dar: Nach Aufsuchen der Einschlagstelle und Festlegung der Hautprojektion des Epiphysenzentrums durch Röntgenaufnahme bei aufgelegtem Drahtgitter, wird über diesen beiden Punkten ein Stahlrahmen angebracht, der mit der mittleren Achse

des Schenkelhalses ein Parallelogramm bildet. Über der Einschlagstelle ist an dem Rahmen ein Führungsrohr angebracht, das das Osteosynthesematerial jetzt in Richtung der Schenkelhalsachse zwingt.

Trotz der verbesserten Röntgentechnik durch FELSENREICH (1933) und PUTTI (Duplex Stativ 1942) erforderten die Eingriffe wegen ihrer häufigen Röntgenaufnahmen einen grossen Zeitaufwand. Das veranlasste VOSSSCHULTE 1940, ein einfaches Verfahren anzugeben, das unter Verzicht auf komplizierte Zielverfahren bei minimal beschränkten Röntgenaufnahmen eine genügend sichere Placierung der Nägel und Schrauben gestattet. Erst der Einsatz von Bildverstärkergeräten (DIETHELM, ECKE) 1954 brachte entscheidende Verbesserungen. Modifikationen mit gleichzeitigem Einsatz zweier Bildwandlergeräte in den beiden Hauptrichtungen (ECKE 1966) kennzeichnen den heutigen Stand der Entwicklung.

B. KRANKENGUT DER CHIRURGISCHEN UNIVERSITÄTSKLINIK GIESSEN
- OPERATIVE BEHANDLUNGSMETHODEN UND ERGEBNISSE 1955-1969
S t a t i s t i k d e s K r a n k e n g u t e s

Aus dem Krankenblattarchiv der Chirurgischen Klinik wurden 913 frische Schenkelhalsfrakturen der Jahre 1955 bis 1969 zur Erfassung herausgezogen. Unter Verwendung der verfügbaren Röntgenbilder liessen sich 800 Fälle in der von MATTI angegebenen Weise klassifizieren.

Tabelle 2: Frakturverteilung nach MATTI

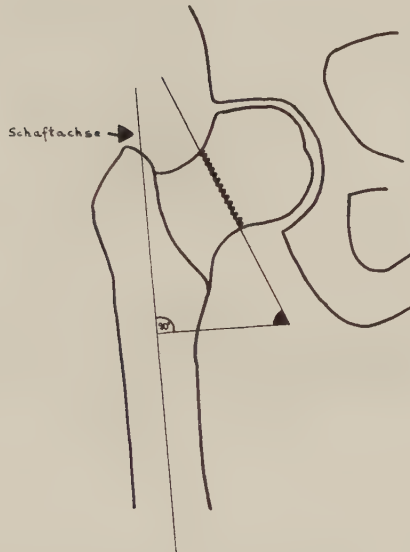
Frakturtyp	Zahl der Fälle	Prozentsatz
medial	321	40,1 %
lateral	96	12,1 %
intertrochanter	61	7,6 %
pertrochanter	281	35,1 %
subtrochanter	41	5,1 %
Gesamtzahl:	800	100,0 %

Zur Bestimmung des Neigungswinkels der Frakturebenen wurde eine von LINTON vorgeschlagene Methode benutzt. Sie ist einfacher als das Verfahren von PAUWELS, man benötigt keine Beckenübersichtsaufnahme und ist ausserdem von der Abduktionsstellung des Oberschenkels unabhängig (Abb. 4). Die Frakturverteilung zeigt die folgende Tabelle:

Tabelle 3: Frakturverteilung unter Berücksichtigung des Neigungswinkels der Frakturebenen

Lokalisation	Typ Pauwels				Gesamtzahl
	I	II	III	unbestimmbar	
medial	31	231	46	13	321
lateral	1	67	21	7	96
intertrochanter	4	47	9	1	61
pertrochanter	21	191	45	24	281
subtrochanter	14	15	3	9	41
insgesamt:	71	551	124	54	800
Prozentsatz auf 746 Fälle bezogen	9,5 %	73,9 %	16,6 %		

Abb. 4 Bestimmung des Neigungswinkels der Fraktur-
ebene nach LINTON



Die 800 Frakturen verteilten sich wie folgt auf die
Geschlechter:

Tabelle 4: Geschlechtsverteilung

<u>weiblich</u>	<u>männlich</u>
568 = 71 %	232 = 29 %

Seitenverteilung

Bei der Seitenverteilung wird die rechte Seite nur geringfügig mehr als die linke betroffen:

<u>rechts</u>	<u>links</u>
422 = 51,7 %	378 = 48,3 %

Tabelle 5: Pathologische Frakturen

medial	8	pertrochanter	3
lateral	5	subtrochanter	1
intertroch.	-	Gesamtzahl	17 = 2,1 %

Altersverteilung

Das durchschnittliche Alter der Patienten beträgt 71,8 Jahre. Die Verteilung der Frakturen auf die einzelnen Altersgruppen ergibt sich aus der folgenden Tabelle:

Tabelle 6:

Alters- gruppe in Jahren	F r a k t u r t y p					P	P	P
	medial	lateral	inter- trochan- ter	pertro- chanter	sub- tro- chanter	I	II	III
0 - 10	-	1	-	-	-	-	1	-
10 - 20	1	-	-	-	-	-	1	-
20 - 30	2	2	-	3	-	-	3	3
30 - 40	4	3	2	7	2	1	14	1
40 - 50	11	4	1	7	1	4	17	1
50 - 60	46	9	7	19	7	11	56	15
60 - 70	76	18	19	52	6	17	121	24
70 - 80	119	37	20	95	19	28	195	47
80 - 90	58	21	9	85	5	8	130	27
90 -100	4	1	3	13	1	2	13	6
Gesamtzahl:	321	96	61	281	41	71	551	124

Nachstehende Graphiken veranschaulichen die Verteilung:
Abb. 5 Graphische Darstellung der Altersverteilung der
Frakturen unter Berücksichtigung der Frakturloka-
lisation

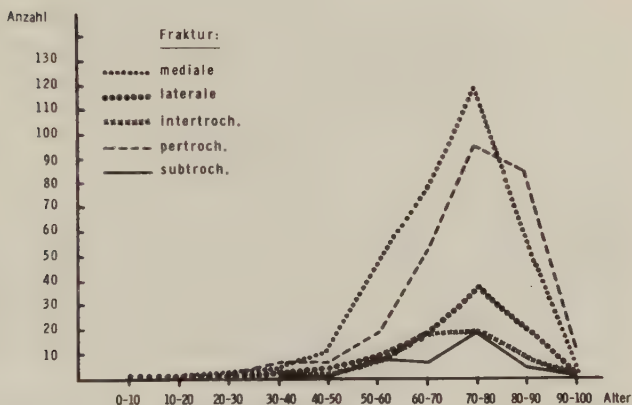
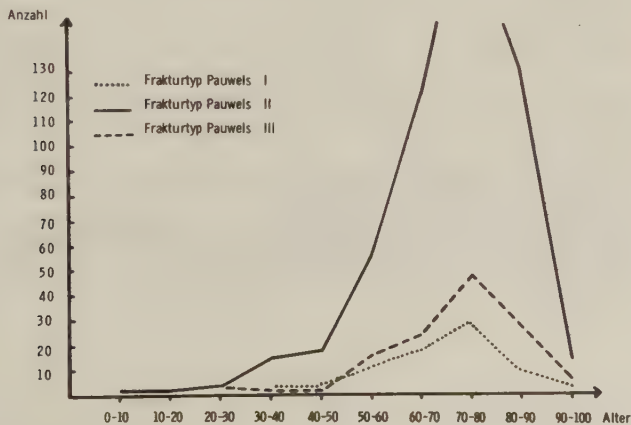


Abb. 6 Graphische Darstellung der Altersverteilung der
Frakturen unter Berücksichtigung des Neigungs-
winkels der Bruchebene



Präoperative degenerative Knochen- u. Gelenksveränderungen

Das Krankengut wurde anhand der Röntgenbilder auf degenerative Knochen- und Gelenksveränderungen durchgesehen. Es fanden sich Veränderungen in 23,1 % der Fälle, die sich, wie folgt, aufgliedern liessen:

Osteoporosen:	15,5 %
Coxarthrosen:	3,8 %
Beides kombiniert:	<u>3,8 %</u>
	23,1 %

Unfallarten

Bei der Feststellung der Unfallart waren 194 von 800 Fällen nicht zu verwerten, weil genauere Angaben über den Unfallhergang nicht hatten gemacht werden können. Der Rest wurde nach den Kriterien häuslicher Unfall, Arbeitsunfall und Verkehrsunfall aufgegliedert:

Tabelle 7 Übersicht über die Unfallarten

häuslicher Unfall:	512 = 84,5 %
Arbeitsunfall:	62 = 10,2 %
Verkehrsunfall:	<u>32 = 5,3 %</u>
	606 = 100,0 %

O p e r a t i v e B e h a n d l u n g s m e t h o d e n

Erläuterung zu den in der Klinik angewendeten Behandlungsmethoden

Von 1955 bis 1964 wurden in der Giessener Chirurgischen Universitätsklinik unterschiedliche Osteosynthesematerialien verwendet. Ein nennenswerter Teil der Patienten wurde damals noch konservativ versorgt (31,9 %).

Seit 1964 wird dagegen jede Fraktur des oberen Femuren- des nach einheitlichem Prinzip (Giessener Instrumenta- rium, ECKE) mit Laschennägeln behandelt. Es handelt sich um Modifikationen des von WEIS angegebenen Nagels. Kon- servativ werden nur noch Moribunde behandelt (8,8 %).

Bei dem Verfahren wird unter Sichtkontrolle mittels zweier Bildwandlergeräte in den beiden Ebenen ein 0,5 cm starker Führungsspiess percutan eingebohrt. Nach einem Hautschnitt an der lateralen Oberschenkelseite wird nun der Nagel über den Führungsspiess eingetrieben. Je nach Frakturlokalisation werden Nägel mit unterschiedlich langer Lasche benutzt. Die durch das Verfahren milli- metergenaue Placierung der Nägel veranlasste aus später zu erläuternden Überlegungen bei einem Teil der Fälle (207 Patienten) die Nagelspitze durch die Corticalis der fovea capitis femoris vorzutreiben (Abb. 7).

Übersicht über die Behandlungsmethoden

Eine genaue Übersicht der zur Behandlung verwendeten Osteosynthesematerialien gibt folgende Tabelle:

Tabelle 8

<u>Osteosynthesematerial</u>	<u>bis 1964</u>	<u>ab 1964</u>
Laschennagel	121	306
Pohl'sche Schraube	54	2
Dreilamellennagel	134	4
Marknagel (bei subtrochanteren Frak- turen)	3	-
Summe:	312 = 68,1 %	312 = 91,2 %
<u>Konservativ behandelt</u>	<u>146 = 31,9 %</u>	<u>30 = 8,8 %</u>
Insgesamt:	458	342 = 800

Abb. 7 Röntgenbild einer mit Laschennagel versorgten Schenkelhalsfraktur, wobei die Nagelspitze durch die Corticalis der fovea capitis femoris getrieben wurde.



Stationäre Behandlungszeit

Die Dauer der stationären Behandlung hat sich seit Einführung des neuen Behandlungsverfahrens in der Giessener Chirurgischen Universitätsklinik erheblich verkürzt. Sie ist von durchschnittlich 34,4 Tagen vor

1964 auf durchschnittlich 23,9 Tage nach 1964 gesunken. Das entspricht einer Verminderung um ein Drittel. Bald nach dem Eingriff wird bei den Patienten mit intensiver Krankengymnastik begonnen. Eine Belastung wird erst nach der Konsolidierung angestrebt.

E r g e b n i s s e

Frühergebnisse

Letalität

Sämtliche Angaben wurden Krankenblattunterlagen entnommen. Von 800 Patienten verstarben 147 während des stationären Aufenthaltes. Hieraus ergibt sich eine Letalität von 18,4 %.

Vergleicht man die durchschnittliche Sterblichkeit aller vor 1964 behandelten Patienten mit der aller nach 1964 behandelten, so zeigt sich folgendes Verhältnis:

Durchschnittliche Letalität vor 1964: 18,8 %

Durchschnittliche Letalität nach 1964: 14,1 %

Bedenkt man dabei, dass vor 1964 ein Drittel der Patienten konservativ behandelt wurden und dass hier die durchschnittliche Letalität bei 30,8 % (45 der konservativ behandelten Patienten sind verstorben) liegt, zeigt sich ein deutlicher Rückgang der Sterblichkeit. Unterstrichen wird die Entwicklung, wenn man die Sterblichkeit im Verlauf der letzten 5 Jahre seit Einführung der neuen Behandlungsmethode (alle Patienten mit Ausnahme der Moribunden wurden operiert) verfolgt.

Tabelle 9 Übersicht über die Letalität der Jahre
1964 - 1968

	1964	1965	1966	1967	1968
Letalität	21,6 %	21,8 %	11,3 %	10,5 %	10,9 %

Aus diesen Zahlen lässt sich die Berechtigung der operativen Versorgung aller frischen Schenkelhalsfrakturen entnehmen.

Todesursachen

Bei 147 verstorbenen Kranken liessen sich anhand der Unterlagen und Sektionsprotokolle folgende Todesursachen ermitteln:

Tabelle 10 Übersicht über die Todesursachen

unbekannte Ursache:	91 Fälle		
Herz-Kreislaufversagen:	22 Fälle	=	39,5 %
Lungenembolie:	19 Fälle	=	33,9 %
Pneumonie:	9 Fälle	=	16,1 %
Fettembolie:	2 Fälle	=	3,5 %
Apoplexie:	2 Fälle	=	3,5 %
maligne Begleiterkrankung:	2 Fälle	=	3,5 %
Insgesamt:	147 Fälle		

Der Lungenembolie kommt also eine erhebliche Bedeutung unter den Todesursachen zu. Dies steht im Einklang mit Ergebnissen anderer Autoren (SCHADENBÜCK u. SCHLAG).

Wundinfektionen

Unter 624 operativ versorgten Fällen kam es zu 16 Wundinfektionen (2,6 %). 14 mal heilten sie unter Antibiotika-

gabe und lokalen Massnahmen aus. Zweimal entwickelte sich eine Osteomyelitis. Zwei weitere Knochenmarksentzündungen traten später ohne primäre Wundinfektion auf. Das entspricht einer Osteomyelitishäufigkeit von 0,6 %. Bei 3 Fällen sind Spätergebnisse bekannt. Zweimal kam es zur Konsolidierung der Fraktur. Ein Patient war ohne, der andere mit Stock gehfähig. Einmal resultierte eine Kopfnekrose.

Spätergebnisse

Bei der Wertung der Spätergebnisse muss man berücksichtigen, dass 82,6 % der Patienten über 60 Jahre alt sind. In einem solchen Krankengut bedeutet es für den Einzelnen viel, wenn er überlebt, die Fraktur konsolidiert, so dass er hinterher seinen Aufgaben selbständig nachkommen kann. Ist der Patient beschwerdefrei und gehfähig, so kann man bei konsolidierter Fraktur bereits von einem guten Ergebnis sprechen.

Für viele unserer Kranken, die vor dem Schenkelhalsbruch schon bettlägerig waren, bedeutete die postoperative Wiedererlangung der Pflegefähigkeit das, was für andere die volle Wiederherstellung der Beweglichkeit im Hüftgelenk war.

Wir haben uns deshalb bei der Auswertung der Ergebnisse auf Röntgenspätkontrollen, Gutachtenunterlagen unserer Klinik, Nachuntersuchungen und eine Umfrage bei den handelnden Hausärzten gestützt.

Auf diesem Weg gelang es uns, bei 465 von 653 nicht verstorbenen Patienten Auskunft über die Spätergebnisse zu erlangen.

Im folgenden sollen jedoch nur Spätergebnisse der operativ versorgten Frakturen abgehandelt werden. Einen Überblick gibt folgende Tabelle:

Tabelle 11

Operativ versorgte Fälle 1955 - 1969:	624
verstorben während der stationären Behandlung	85
Es verbleiben	539
Spätergebnisse	398 = 73,8 %

Summarische Zusammenstellung der Spätergebnisse

Ohne Berücksichtigung der Frakturlokalisation und der Behandlungsmethoden setzen sich die Ergebnisse wie folgt zusammen:

Tabelle 12 Übersicht über die Spätergebnisse der operativ versorgten Schenkelhalsfrakturen

Ergebnis nach Röntgen-Spätkontrolle		klinischer Erfolg					
		a	b	c	d	e	f
Pseudoarthrosen:	14 = 3,5 %	0	0	7	0	0	7
Kopfnekrosen:	12 = 3,0 %	0	4	4	1	0	3
Kopfnekrose und Pseudoarthrose:	5 = 1,3 %	1	2	0	0	0	2
Kopfteilnekrosen:	7 = 1,7 %	0	0	6	1	0	0
knöchern konsolidiert:	360 = 90,5 %	29	26	117	83	37	69
Gesamtzahl:	398 = 100,0 %	29	32	134	85	37	81

a = bettlägerig, b = sitzfähig, c = gehfähig mit Stock, d = gehfähig ohne Stock, e = völlig beschwerdefrei, f = ohne klinische Angaben

Einen Vergleich der Ergebnisse der Operationsmethoden vor 1964 mit denen nach Einführung der jetzigen Methode

bietet die folgende Tabelle:

Tabelle 13

Ergebnisse nach Röntgen- Spätkontrolle	vor 1964		nach 1964	
Pseudoarthrosen:	12 =	6,9 %	2 =	0,9 %
Kopfnekrosen:	9 =	5,1 %	3 =	1,4 %
Kopfnekrosen und Pseudoarthrose:	4 =	2,3 %	1 =	0,4 %
Kopfteilnekrosen:	1 =	0,6 %	6 =	2,7 %
knöchern konsolidiert:	149 =	85,1 %	211 =	94,6 %
Gesamtzahl:	175 =	100,0 %	223 =	100,0 %

Frakturlokalisation und Heilungsstörungen

Bei Berücksichtigung der Frakturlokalisation lässt sich eine deutliche Bevorzugung der gelenknahen Frakturen unter den knöchernen Heilungsstörungen erkennen:

Tabelle 14

Art der Heilungs- störung	Frakturlokalisation					Summe
	med.	lat.	intertr.	pertr.	subtr.	
Pseudoarthrose	7	4	-	3	-	14
Kopfnekrose	9	3	-	-	-	12
Kopfnekrose und Pseudoarthrose	3	2	-	-	-	5
Kopfteilnekrose	6	-	1	-	-	7
Gesamtzahl der Heilungsstörungen	25	9	1	3	-	38
Gesamtzahl der ope- rierten Patienten	284	73	51	187	29	624
Anzahl der stationär verstorbenen Patien- ten	35	4	6	38	2	85
Spätergebnisse	187	51	35	106	19	398
Prozentsatz der Heilungsstörungen	13,4 %	17,6 %	2,8 %	2,8 %	0 %	

Abb. 8 Pseudoarthrose nach operativer Behandlung einer lateralen Schenkelhalsfraktur mit Laschennagel



Neigungswinkel der Bruchebene und Heilungsstörungen

Nachstehende Tabelle verdeutlicht, dass die überwiegende Mehrzahl aller knöchernen Heilungsstörungen in die nach Pauwels mechanisch ungünstigeren Gruppen II und III fällt:

Tabelle 15

Art der Heilungs- störungen	Gruppe Pauwels			
	I	II	III	unbestimmbar
Pseudoarthrose	-	9	4	1
Kopfnekrosen	1	7	4	-
Kopfnekrose und Pseudoarthrose	-	4	1	-
Kopfteilnekrose	1	6	-	-
Gesamtzahl der Heilungsstörungen	2	26	9	1
Spätergebnisse	42	275	57	24
Prozentsatz der Heilungsstörungen	4,8 %	9,4 %	15,8 %	

Osteosynthesematerial und Heilungsstörungen

Eine deutliche Abhängigkeit der Heilungsstörungenquote von dem angewendeten Osteosyntheseverfahren wird in nachstehender Tabelle aufgezeigt:

Tabelle 16

Art der Heilungs- störungen	Osteosynthesematerial		
	Laschen- nagel	Pohl'sche Schraube	Dreilamel- lennagel
Pseudoarthrose	5	3	6
Kopfnekrosen	3	4	5
Kopfnekrose und Pseudoarthrose	1	2	2
Kopfteilnekrose	6	-	1
Gesamtzahl der Heilungsstörungen	15	9	14
Spätergebnisse ⁺	282	38	77
Prozentsatz der Heilungsstörungen	5,3 %	23,7 %	18,2 %

⁺Ein Fall einer Marknagelung, bei der es zu keiner Heilungsstörung gekommen ist, wurde in der Tabelle nicht berücksichtigt.

Abb. 9 Kopfnekrose nach operativer Behandlung einer medialen Schenkelhalsfraktur mit Dreilamellen-nagel.



Klinische Spätergebnisse

Im Krankengut der Chirurgischen Universitätsklinik Giessen sind während der Jahre 1955 - 1969 624 Schenkelhalsfrakturen operativ versorgt worden. 85 Patienten

sind im Laufe der stationären Behandlung verstorben. Von dem restlichen Krankengut liegen 398 Spätergebnisse von einem bis zu fünfzehn Jahren nach dem operativen Eingriff vor.

Hier finden sich unter 360 konsolidierten Frakturen 38 Heilungsstörungen. Unter Auswertung der Röntgenbilder lässt sich die durchschnittliche Zeitdauer bis zum Eintritt der knöchernen Frakturheilung mit 3,3 Monaten angeben. Die klinischen Ergebnisse der konsolidierten Frakturen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Tabelle 17

Klinisches Ergebnis	Patientenzahl	
	absolut	prozentual
sehr gut	120	41,3 %
gut	117	40,2 %
wenig befriedigend	26	8,9 %
<u>schlecht</u>	28	9,6 %
Insgesamt	291	100,0 %
<u>ohne klinische Angaben</u>	69	
Gesamtzahl	360	

In dieser Zusammenstellung ist als sehr gutes klinisches Ergebnis gewertet, wenn die Patienten völlig beschwerdefrei oder unter im Verhältnis zum Alter geringfügigen Beschwerden ohne Stock zu gehen vermögen. Gut ist das Ergebnis dann bezeichnet, wenn die Patienten zum Gehen einen Stock benötigen. Dies ist jedoch nur ein grober Maßstab, bedenkt man, dass ein Teil der Bevölkerung in diesem Alter auch ohne vorangegangenen Schenkelhalsbruch mit Stock geht.

Ist nach der operativen Behandlung der Fraktur lediglich eine Pflegeeerleichterung erzielt worden, das heisst, der Patient ist nicht dauernd an das Bett gebunden, sondern der Kranke ist sitzfähig und für kurze Strecken in der Wohnung gehfähig, so wird das Ergebnis als wenig befriedigend gewertet.

Als schlechtes klinisches Ergebnis wird in dieser Zusammenstellung bezeichnet, wenn der Patient bettlägerig blieb. Jedoch ist auch hierbei zu berücksichtigen, dass bei einem Teil der Erkrankten die Bettlägerigkeit durch von dem Schenkelhalsbruch unabhängige Ursachen bedingt ist. In diesem Krankengut liess sich in 6 Fällen mit Sicherheit eine andere Ursache nachweisen (2,1 % der klinischen Ergebnisse). Es handelte sich hierbei um maligne Tumoren und in einem Fall um einen M. Parkinson.

Schlüsselt man die Ergebnisse nach Frakturlokalisationen auf, so ergibt sich folgendes Bild:

Tabelle 18

Klinisches Ergebnis	Frakturlokalisation				
	medial	lateral	inter- trochan- ter	per- tro- chanter	sub- tro- chanter
sehr gut	54	12	12	35	7
gut	57	17	6	33	4
wenig befriedigend	8	4	3	9	2
<u>schlecht</u>	17	2	2	5	2
Insgesamt	136	35	23	82	15
ohne klinische <u>Angaben</u>	26	7	11	21	4
Gesamtzahl	162	42	34	103	19

Im Rahmen der Zusammenstellung der klinischen Spätergebnisse soll das endgültige Schicksal der Heilungsstörungen jedoch nicht unberücksichtigt bleiben.

7 von 14 Pseudoarthrosen sind in der Chirurgischen Universitätsklinik Giessen nachbehandelt worden. Dabei handelte es sich in 2 Fällen um eine straffe Pseudoarthrose. Hier wurde auf weitere Massnahmen verzichtet, da die Patienten ohne grössere Beschwerden mit Stock gehen konnten. In 3 Fällen wurde eine Arthrodese vorgenommen. Die Patienten waren anschliessend mit Stock gehfähig. In einem weiteren Fall wurde eine Verschraubung mit Pohl'scher Schraube durchgeführt, das klinische Ergebnis ist nicht bekannt. Schliesslich wurde in einem Fall eine Doppelbolzung nach K. H. BAUER vorgenommen. Der Patient war anschliessend mit Stock gehfähig und hatte keine wesentlichen Beschwerden.

Bei 12 Kopfnekrosen wurde in 6 Fällen eine resectio capitis femoris und Arthrodese durchgeführt. Als klinisches Ergebnis resultierte in 4 Fällen eine Pflegeerleichterung. Die Kranken waren sitzfähig und konnten kurze Strecken in der Wohnung am Stock laufen. Zwei Patienten erlangten mit Hilfe von Stützstöcken ihre Gehfähigkeit zurück.

In den restlichen 6 Fällen konnten keine klinischen Ergebnisse mehr ermittelt werden.

Auch in den 5 Fällen kombinierter knöcherner Heilungsstörungen (Kopfnekrose und Pseudoarthrose) liegen zweimal keine klinischen Ergebnisse vor.

Bei 2 Patienten wurde eine Arthrodese und bei einem der Schenkelkopfersatz durch eine Endoprothese vorgenommen.

Bei den Arthrodesen resultierte in einem Fall Gehfähigkeit mit Stock, im anderen Pflegeerleichterung. Der Endoprothesenträger ist ohne Beschwerden gehfähig.

Bei 7 Kopfteilnekrosen wurde in keinem Fall eine weitere Behandlung notwendig. Alle Patienten waren ohne grössere Beschwerden gehfähig.

Häufigkeit der postoperativen Coxarthrose

Degenerative Hüftgelenksveränderungen, die vor der operativen Behandlung nicht nachweisbar waren, demnach im ursächlichen Zusammenhang mit dem Trauma und der Nagelung gebracht werden könnten, sind in 9 von 398 nachuntersuchten Fällen aufgetreten (2,3 %). 8 Patienten stammen aus dem Krankengut von 1955 bis 1964 vor Einführung der neuen Operationsmethode und einer aus der Zeit danach.

Hervorzuheben ist, dass bei diesem Kranken die Fovea capitis femoris nicht durch den Nagel perforiert wurde. Nachteilige Folgen auf die Gelenkpfanne lassen sich bei lege artis durchgeführter Perforation um 1 - 2 mm aus dem Krankengut nicht ableiten.

C. KRITIK AN DEN OPERATIVEN VERFAHREN

MÜLLER definierte eine Pseudoarthrose als Folgeerscheinung eines Missverhältnisses zwischen der Fähigkeit des Knochens zur Kallusbildung und der auf ihn einwirkenden mechanischen Alterationen. Aus diesen Überlegungen ergibt sich die Erkenntnis, dass mechanische Kräfte auf die Knochenheilung entscheidenden Einfluss nehmen.

Ziel jeder operativen Frakturenbehandlung ist demnach, schädliche mechanische Kräfte vom Knochenregenerat fernzuhalten oder wenigstens soweit abzuschwächen, dass die biologische Leistungsfähigkeit des Regenerats in jedem Stadium der Entwicklung seiner mechanischen Leistungsbeanspruchung voll gewachsen ist.

Hieraus lässt sich die ganze Problematik einer medialen Schenkelhalsfraktur ableiten: Ein wegen der anatomisch-biologischen Besonderheiten schwaches Regenerat wird aussergewöhnlich hohen mechanischen Belastungen ausgesetzt!

Nach Untersuchungen von PAUWELS und Messungen von RYDELL zeigte sich, dass bereits in Ruhelage Kräfte von 20-40 kg auf das Hüftgelenk einwirken können. Bei starker Beanspruchung kann die Belastung Werte bis zu 1 t überschreiten.

Diese Zahlen zeigen, dass an die Belastbarkeit und Stabilität des Osteosynthesematerials zur Versorgung von Schenkelhalsbrüchen hohe Anforderungen zu stellen sind.

Aber auch an das Operationsverfahren selbst sind bestimmte Forderungen zu richten:

1. Die Einfachheit der Technik. Jeder Chirurg sollte ohne grossen Aufwand in der Lage sein, eine sichere und genaue Nagelung durchzuführen, ausserdem sollte die gleiche Technik bei allen Frakturlokalisationen anwendbar sein.
2. Die Kleinheit des Eingriffes. Bei dem vorgerückten Alter der Patienten ist es von entscheidender Bedeu-

tung, dass die Operation so klein und kurz wie möglich gehalten wird.

Unter diesen Gesichtspunkten muss an einigen gängigen operativen Verfahren Kritik geübt werden.

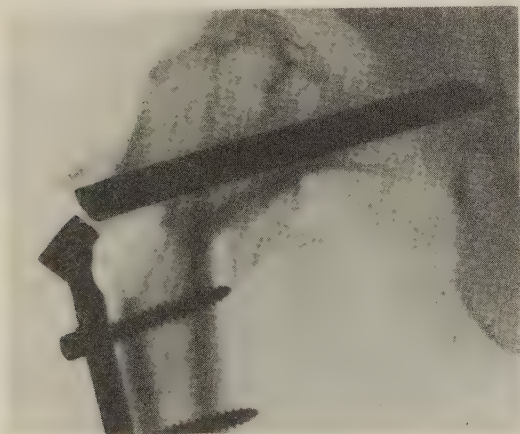
Zunächst ist festzustellen, dass Kräfte solcher Grössenordnung eine sofortige postoperative Belastung, unabhängig vom verwendeten Osteosynthesematerial, verbieten! Gestützt wird diese Feststellung durch die immer wieder zu beobachtende Nagelverbiegung als auch durch Untersuchungen von HACKSTOCK und HACKENBROCH jun.

In der dieser Arbeit zu Grunde liegenden Kasuistik konnte nach 624 Eingriffen in 5 Fällen eine dauernde Verformung des Osteosynthesematerials aufgezeigt werden. Zweimal kam es zum Nagelbruch. Da Stahl normalerweise nicht bricht, muss ein zusätzlicher Mangel der metallurgischen Verarbeitung angenommen werden.

Abb. 10 Verbiegung eines Laschennagels bei einer operativ versorgten Schenkelhalsfraktur



Abb. 11 Nagelbruch bei einer operativ versorgten
Schenkelhalsfraktur



Nach diesen, für die unterschiedlichen Osteosynthesematerialien gemeinsam geltenden Bemerkungen sollen nun die Osteosyntheseverfahren getrennt kritisiert werden.

Zunächst das heute wohl noch gebräuchlichste Verfahren. Die Nagelung mit dem Dreilamellennagel nach SMITH-PETERSEN und seinen Modifikationen (s. Abb. 13). Auf Grund seiner Dreilamellenstruktur bietet er, besonders in der Modifikation nach FELSENREICH, im Vergleich zu

den Schrauben einen besseren Schutz gegen die Rotation des Kopfes. Seinen Hauptnachteil sehen wir in der mangelnden Fixation der Nagelschulter und der daraus resultierenden geringeren Stabilität der Fraktur. Hinweis auf diesen Mangel gibt das oft in der Literatur beschriebene "Herausgleiten".

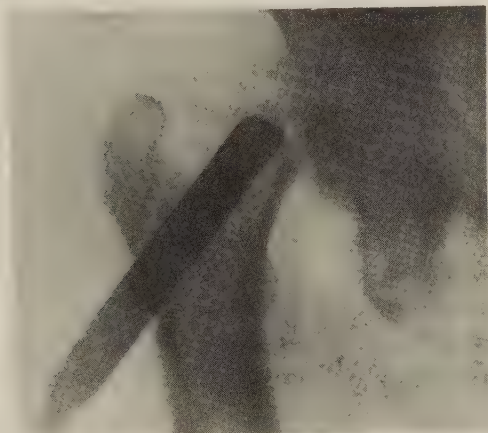
Theoretisch findet das seine Erklärung wie folgt:

Fixationspunkte des Nagels sind die relativ dünne Compacta unterhalb des Trochantermassivs und bei Steilnagelung der Adam'sche Bogen. Da nicht zu erwarten ist, dass die häufig osteoporotisch veränderte Spongiosa der Durchbiegung des Nagels grossen Widerstand entgegensetzt, kommt es durch elastische Durchbiegung des Nagels unter der Belastung im Bereich des Fixationspunktes an der lateralen Korticalis zu Nagelbewegungen. Durch diese wird wiederum die Einspannung der Nagelschulter an der Korticalis gelockert und im Extremfall das Nagelgleiten eingeleitet.

Auf die Bedeutung der Verankerung des Osteosynthesematerials in der Korticalis des Oberschenkelchaftes für die Stabilität der Osteosynthese haben auch HACKSTOCK und HACKENBROCH jun. in ihrer experimentellen Arbeit hingewiesen.

Der Schutz dieser Osteosynthese gegen schädliche, mechanische Alterationen der Fraktur ist noch geringer, wenn auf den zweiten Fixationspunkt, den Adam'schen Bogen, verzichtet wird. Dieser Fall tritt ein, wenn keine Steilnagelung vorliegt, oder wenn die Fraktur weit lateral liegt. Dagegen wird eine Doppelnagelung zwar nicht die grundsätzliche Neigung zur Lockerung beseitigen, die Gefahr durch Erhöhung des Biegequerschnittes der Nägel aber wesentlich verringern.

Abb. 12 Nagelgleiten bei einer mit Dreilamellennagel operativ behandelten Schenkelhalsfraktur



Zum Operationsverfahren ist anzumerken, dass es lediglich bei Frakturlokalisationen, bei denen der Adam'sche Bogen erhalten bleibt, mit Vorteil anzuwenden ist. Andere Lokalisationen bedingen andere Verfahren oder eine Kombination von Dreilamellennagel und Platte. Die Kombination von Nagel und Platte ist aus mechanischen Gründen den Laschennägeln aus einem Stück unterlegen.

Laschennägel (s. Abb. 13) bieten nach unserer Meinung äusserst günstige Voraussetzungen für das Zustandekommen stabiler Osteosynthesen. Der V-förmige Querschnitt des in den Kopf einzutreibenden Nagels bietet dem Kopf-fragment eine grosse Auflagerungsfläche und schützt es im Vergleich zu anderen Osteosynthesematerialien vor Rotationskräften. Die am Oberschenkelchaft fixierte Lasche erhöht die Stabilität. Ungünstig kann sich jedoch bei eintretendem Schenkelhalsschwund die unverrückbare Starrheit des Systems erweisen. Sie kann die Adaptation der Fragmente verhindern und ausgesprochen sperren, es kann aber auch, wie es in der Literatur öfter beschrieben wird, zum Durchtreten des Nagelendes in das Hüftgelenk kommen. Aus diesen und aus theoretischen mechanischen Überlegungen sind wir zu Folgerungen gelangt, die bei einem Teil unserer Fälle praktisch angewendet wurden und hier erläutert werden sollen.

Es handelt sich um das Eintreiben der Nagelspitze in die fovea capitis femoris. Mechanisch betrachtet wird hierbei das Kippen des Kopffragmentes über die Nagelspitze nach caudal verhindert, da das Kopffragment in der Korticalis der fovea einen zusätzlichen Auflagerungspunkt gefunden hat. Es können nun die in Richtung der Nagelachse einwirkenden Kräfte, die sich zugleich durch den Wegfall des Kippmomentes vergrössern, ihre volle Druckwirkung auf die Frakturfläche entfalten, da ja auch das Kopffragment im Sinne einer Gleitosteosynthese frei beweglich ist. Hieraus resultiert eine Erhöhung der Stabilität und ein Wegfall der Sperrwirkung. Andererseits ist aber der Durchtritt des Nagels in das Hüftgelenk auf eine vorausbestimmte Stelle beschränkt. Der Nagel hat beim Einschlagen in die Fovea capitis femoris die Möglichkeit, wegen der Tiefe des Gelenkes beim Zusammen-

sintern des Schenkelhalses noch weiter nachzurutschen. Hier in der fossa acetabuli trifft er auf Bindegewebe, Gelenkknorpel kann bei zentraler Lage nicht zerstört werden. Störungen der Blutversorgung des Schenkelkopfes bei möglicher Verletzung der im ligamentum capitis femoris verlaufender Gefäße sind nach Untersuchungen von TRUETA unbedeutend. Einschränkungen der Hüftgelenksbeweglichkeit bei liegendem Nagel sind nur bei tieferem Vordringen des Nagels in das Gelenk zu erwarten und dann besonders bei starker Abduktion, Adduktion und bei Rotationsbewegungen. Sie sind nach unserer Meinung wegen der Erhöhung der Stabilität und wegen ihrer zeitlichen Begrenztheit zu vernachlässigen.

Als positives Kriterium bei der Versorgung der Schenkelhalsfrakturen mit Laschennägeln ist weiter zu erwähnen, dass sie bei allen Frakturlokalisationen zu verwenden sind.

Ähnlich wie die Laschennägel verfügen auch die meisten zur Gleitosteosynthese benutzten Schrauben und Nägel über eine am Oberschenkelchaft befestigte Lasche (s. Abb.13). Sie bieten aber längst nicht die gleichen mechanischen Voraussetzungen für eine stabile Osteosynthese wie Laschennägel. Die Ursache liegt in der Unzulänglichkeit der Führungsmechanismen. Überbrückt der Köcher nicht den Frakturspalt, so garantieren die je nach teleskopartiger Ausfuhr des Nagels aus der Führungshülse unterschiedlich starken Wackelbewegungen des Nagels keine stabile Osteosynthese. Zusätzlich gestatten manche Schraubentypen (früheres Modell der Pohl'schen Schraube) eine freie Drehung der Schraube in der Führungshülse. Schutz gegen Rotation des Kopfes ist somit nicht gewährt. Offensichtlich in Erkenntnis dieses Mangels besitzen einige

Modelle einen Führungssporn innerhalb des Köchers, der die Drehung verhindern soll. Aber auch hier sind meist noch genügend grosse Drehbewegungen möglich, die eine wünschenswerte Ruhigstellung am Frakturspalt von vornherein verhindern.

Auch Gleitosteosynthesen sind nicht für alle Frakturlokalisationen geeignet. Abhängig von der Länge der Führungshülse muss der Frakturspalt genügend weit medial liegen.

Ebenso wie die Gleitosteosynthese bleibt die Anwendung der Druckosteosynthese nur medialen Frakturlokalisationen vorbehalten. Aus mechanischen Gründen scheint sie den anderen Verfahren überlegen. Tritt jedoch infolge einer Schenkelhalsresorption eine Verminderung der Druckwirkung ein, so ist die effektive mechanische Stabilität mit der einer einfachen Nagelung mit Dreilamellennagel zu vergleichen. Dem Verfahren haftet wie jeder Verschraubung die Gefahr des Mitdrehens des Schenkelkopfes beim Einbringen der Schraube an.

Zum Schluss sei noch kurz auf den primären Hüftkopfersatz durch Endoprothesen eingegangen. Diese Verfahren fallen schon durch die Grösse des Eingriffes gegenüber den Nagelungen aus dem Rahmen. Ihre Anwendung ist daher nur bei strenger Indikationsstellung erlaubt.

D. PHYSIKALISCHE ÜBERPRÜFUNG DES OSTEOSYNTHESEMATERIALS ⁺

Allgemeines

Die klinischen Ergebnisse mit der sehr unterschiedlichen Häufung der knöchernen Heilungsstörungen bei den verschiedenen Osteosyntheseverfahren sowie die im vorhergehenden Kapitel erläuterten theoretischen Überlegungen haben uns veranlasst, verschiedene Osteosynthesematerialien hinsichtlich ihrer metallurgischen Eigenschaften und ihrer Belastbarkeit zu überprüfen. Die Untersuchungen wurden in Zusammenarbeit mit dem Werkstofflaboratorium der Staatlichen Ingenieurschule Giessen durchgeführt.

Die hohen Kosten solcher Untersuchungen zwangen zunächst zur Überprüfung einzelner Nägel jeder Sorte, um an Hand der Ergebnisse festzustellen, ob spätere ausgedehnte Untersuchungen vertretbar sind.

- Überprüft wurden:
1. der in der Giessener Klinik benutzte, modifizierte Laschennagel nach WEIS
 2. POHL'sche Schraube
 3. WINTER'sche Schraube
 4. PUGH-Gleitnagel
 5. AO Nagel
 6. SMITH-PETERSEN Nagel mit Lasche u.
 7. ein in der Giessener Klinik entwickelter Laschennagel, der zur Zeit erprobt wird (ECKE).

⁺Für seine freundliche Unterstützung bei der Durchführung dieser Untersuchungen danke ich Herrn Dipl.-Ing. H. Bach, Dozent an der Staatlichen Ingenieurschule Giessen.

Abb. 13 Die untersuchten Nägel.



von links nach rechts: Laschennagel (WEIS); Pohl'sche Schraube; Winter'sche Schraube, Pugh-Gleitnagel; AO-Nagel; Smith-Petersen-Nagel (hier in Verbindung mit einer Lasche); Giessener Erprobungsnagel (ECKE).

Die Belastungsversuche erfolgten auf einer Universalprüfmaschine "TESTOR" der Firma WOLPERT, Typ U 10. Dabei wurde der kleinste Messbereich 0 - 500 kp erweitert

und auf einen Messbereich von 0 - 250 kp eingeeicht, um eine genauere Kraftmessung zu ermöglichen. Die Durchbiegung der Nägel wurde mit einer Präzisionsmessuhr mit 1/100 mm Skala gemessen. Winkel- und Längenmessungen wurden mit einem LEITZ-Werkstattmikroskop durchgeführt. Um bessere Vergleichsmöglichkeiten der Nägel untereinander zu erzielen, wurden die Nägel nicht im Präparat (Leichenknochen), sondern direkt untersucht. Um jedoch festzustellen, wie weit die Einbettung des Nagels in Knochen Einfluss auf seine Belastbarkeit nimmt, wurde in einem zusätzlichen Versuch die Nagelung eines Leichenknochens durchgeführt und danach ein analoger Belastungsversuch des Nagels im Knochen abgeschlossen.

Der Knochen wurde für 24 Stunden auf -12° gekühlt, nach Erwärmen mit einem Laschennagel genagelt, danach wurde mit einer Säge eine glatte mediale Fraktur vom Typ PAUWELS II gesetzt (Abb. 14).

Da bei der Frakturheilung jede Bewegung der Bruchfläche gegeneinander von Bedeutung ist, wurde bei den Versuchen sowohl die elastische als auch die bleibende Durchbiegung gemessen. Die bleibende Durchbiegung eines Werkstoffes ist von seiner Festigkeit abhängig, die wiederum eine Funktion der Härte ist. Dieser Zusammenhang veranlasste uns zu vergleichenden Härteuntersuchungen der Nägel, da sich hieraus ergibt, dass bei gleicher Nagelform die Widerstandsfähigkeit eines Nagels gegen Durchbiegung sehr unterschiedlich entsprechend seiner Härte sein kann. Bei gleicher Zusammensetzung eines Werkstoffes sind die Härteunterschiede nur durch das Herstellungsverfahren bedingt. Dieser interessante Zusammenhang gab Anlass, weiterhin die Zusammensetzung der einzelnen Nägel zu überprüfen.

Abb. 14 Röntgenaufnahme des Leichenknochens.
Nach Versorgung mit einem Laschennagel
wurde eine glatte mediale Fraktur Typ
PAUWELS II gesetzt.



Die Härteprüfungen wurden auf einer Prüfmaschine "TESTOR" der Firma WOLFERT, Typ Dia Testor 2Rc durchgeführt. Alle Messungen erfolgten nach dem Vickersprinzip. Zur Überprüfung der Zusammensetzung der Werkstoffe wurden Kohlenstoffanalysen und Übersichtsanalysen vorgenommen.

E r g e b n i s s e

Zusammensetzung der Werkstoffe

Die Überprüfung der genannten Nägel hinsichtlich ihrer Zusammensetzung erbrachte keine nennenswerte Abweichungen von der Sollzusammensetzung des Werkstoffes Nr. 4401 nach Stahlschlüssel 1965, 7. Auflage. Es handelt sich also bei allen Nägeln um einen X5 CrNiMo-Stahl. Unterschiede in der Härte und damit der Festigkeit der Nägel können also nur durch das Herstellungsverfahren bedingt sein (z. B. kaltgezogen - kaltgepresst).

Ergebnisse der Härteprüfungen

Auffallendstes Ergebnis der Härteprüfung ist die Tatsache, dass die Härtewerte der einzelnen Nägel erheblich voneinander abweichen. Es bestehen Unterschiede von über 50 % in den Härtewerten. Im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Voruntersuchung muss also gesagt werden, dass bei der Fertigung des Osteosynthesematerials durch Verfahrensfehler zum Teil erhebliche Einbussen in der Festigkeit verursacht werden. Zur gleichen Feststellung kam auf Grund seiner Untersuchungen auch E. FRANK.

Einzelergebnisse sind der folgenden Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 19

<u>Nagel- oder Schraubentyp</u>	<u>Vickershärte</u>
Laschennagel	173 kp/mm ²
POHL'sche Schraube	
Schraube	274 kp/mm ²
Lasche	254 kp/mm ²

Fortsetzung Tabelle 19:

<u>Nagel- oder Schraubentyp</u>		<u>Vickershärte</u>
WINTER'sche	Schraube	
	Schraube	253 kp/mm ²
	Lasche	180 kp/mm ²
PUGH-Nagel		
	Nagel	250 kp/mm ²
	Lasche	153 kp/mm ²
AO Nagel		288 kp/mm ²
SMITH-PETERSEN	Nagel mit Lasche	
	Nagel	246 kp/mm ²
	Lasche innen	215 kp/mm ²
	Lasche aussen	294 kp/mm ²
Erprobungsnagel		177 kp/mm ²

Ergebnisse der Belastbarkeitsprüfungen

Versuchsordnung

Die Belastung der Nägel erfolgte entsprechend der Abb. 15 (Belastungsschema). Die Nägel und analog die Schrauben wurden mit ihrer Lasche in einer speziell konstruierten Halterung fest verankert. An der Schulter wurden sie unterstützt. Die Kraft wirkte auf einen freien Hebelarm von 80 mm ein. Bei Nägeln, deren Länge nicht ausreichte, um 80 mm Hebelarm zu erreichen, wurde entsprechend umgerechnet.

Als Prüfbelastung wurde die Normalkraft F_n gewählt, dass heisst, die senkrecht zur Nagelachse stehende Komponente der Hüftbelastung F . Diese Komponente ist abhängig von dem Winkel α , den die Nagelachse mit der Richtung der Hüftbelastung F bildet (Abb. 16):

$$F_n = F \cdot \sin \alpha$$

Abb. 15 Belastungsschema

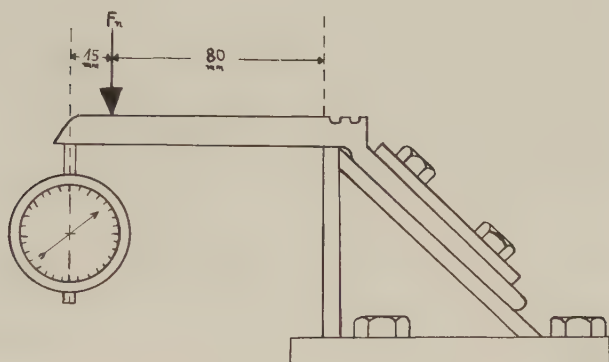
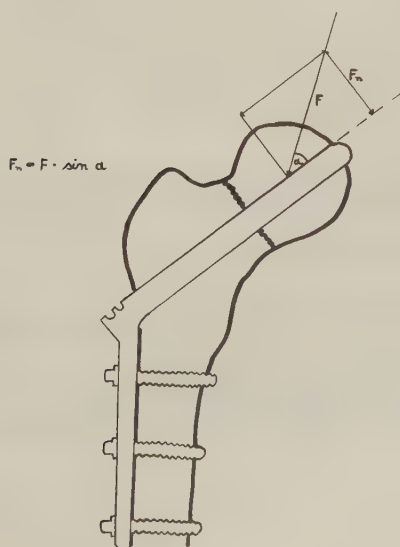


Abb. 16 Abhängigkeit der Prüfbelastung F_n von der Hüftbelastung F und dem Winkel α , den die Nagelachse mit der Richtung der Hüftbelastung F bildet.



Dieser Winkel α schwankt begreiflicherweise, es wurde deshalb diesen Untersuchungen ein mittlerer Winkel α von 45° zu Grunde gelegt, um praktische Aussagen über die Belastbarkeit der Nägel unter Berücksichtigung der normalen Hüftbelastung treffen zu können. Man muss dabei beachten, dass bei grösserem Winkel α sich die Komponente F_n ebenfalls vergrössert, das bedeutet, dass sich bei gleichbleibender Hüftbelastung die im folgenden getroffenen Aussagen über die Belastbarkeit der Nägel verschlechtern. Das Gegenteil gilt bei Abnahme des Winkels α , z. B. bei der Steilnagelung. Unter der Voraussetzung $\alpha = 45^\circ$ würde der normalerweise in Ruhelage auf die Hüfte einwirkenden Kraft $F = 20$ kp in diesen Belastungsversuchen eine Kraft $F_n = 14$ kp entsprechen ($\sin 45^\circ = 0,71$).

Stellt man nun an das Osteosynthesematerial die bei Festigkeitsuntersuchungen in der Werkstoffprüfung allgemein übliche Forderung, dass keine unzulässig hohe Verformung eintreten darf, so bedeutet das, dass die Belastung der Nägel mit 14 kp in diesen Versuchen höchstens 50 % der Belastung an der Biegegrenze betragen darf! Ist diese Forderung erfüllt, kann man die Aussage treffen, dass der entsprechende Nagel den mechanischen Belastungen der in Ruhe auf das Hüftgelenk einwirkenden Kräfte gewachsen ist.

Bei der hier beschriebenen Versuchsanordnung ist die Biegegrenze erreicht, wenn die bleibende Durchbiegung der Nägel 0,48 mm beträgt.

Ergebnis der Belastungsprobe beim Laschennagel

Die Belastung an der Biegegrenze ist bei dem untersuchten Nagel $F_n = 40$ kp. Die der Hüftbelastung in Ruhe ent-

sprechende Komponente $F_n = 14$ kp beträgt also weniger als 50 % der Belastung an der Biegegrenze. Das bedeutet, dass der Nagel den auf ihn einwirkenden Kräften bei unbelastetem Hüftgelenk gewachsen ist. Die Zahlen zeigen aber auch, dass die unter Belastung des Hüftgelenkes einwirkenden Kräfte (bis zu 1 t) den Nagel dauernd verbiegen würden. Durch Erhöhung der Festigkeit des Nagels, seine Härte ist die niedrigst gemessene (vgl. Tab. 19), könnten die günstigen mechanischen Eigenschaften erheblich verbessert werden.

Einzelne Messwerte sind folgender Tabelle zu entnehmen:

Tabelle 20

Kraft F_n in Kp	Durchbiegung des Laschennagels	
	elastische	bleibende
10	0,60 mm	0,02 mm
20	0,98 mm	0,05 mm
22	1,10 mm	0,06 mm
25	1,22 mm	0,08 mm
27	1,34 mm	0,12 mm
29	1,46 mm	0,14 mm
35	1,84 mm	0,26 mm
40	2,24 mm	0,48 mm
50	3,50 mm	1,31 mm

Ergebnis der Belastungsprobe bei der POHL'schen Schraube

Die Belastung an der Biegegrenze beträgt 62 kp. Auch die elastische Durchbiegung liegt mit 0,5 mm bei 20 kp Hüftbelastung sehr günstig. Diese guten Ergebnisse sind zum Teil durch die hohe Härte des Materials bedingt. Andererseits werden sie in der Praxis durch das konstruktive Spiel der Gleitschraube wieder aufgehoben. Bemerkenswert

ist, dass bereits bei geringfügiger Belastung ($F_n = 3-5 \text{ kp}$) ein Klemmen in der Gleitebene auftritt, das die achsiale Beweglichkeit aufhebt.

Die Messwerte lauten im einzelnen:

Tabelle 21

Kraft F_n in Kp	Durchbiegung der Pohl'schen Schraube	
	elastische	bleibende
10	0,36 mm	0,02 mm
15	0,53 mm	0,02 mm
20	0,68 mm	0,03 mm
25	0,81 mm	0,04 mm
30	0,96 mm	0,05 mm
35	1,13 mm	0,06 mm
40	1,32 mm	0,11 mm
45	1,50 mm	0,15 mm
50	1,70 mm	0,22 mm
55	1,92 mm	0,30 mm
60	2,18 mm	0,42 mm
65	2,52 mm	0,60 mm

Das konstruktive Spiel, gemessen an einer 11,5 cm langen Schraube bei einer Länge des ausgefahrenen Teils von 6,5 cm, beträgt in vertikaler Richtung 0,40 mm, in horizontaler Richtung 0,24 mm. Die Drehung der Schraube im Köcher ist unbehindert.

Ergebnis der Belastungsprobe bei der WINTER'schen Schraube

Die WINTER'sche Schraube besitzt, wie auch die voruntersuchten Nägel, genügend Stabilität, um Belastungen bei Ruhelagen zu ertragen. Die Belastung an der Biegegrenze liegt bei 38 kp. Gegenüber der ähnlich konstruierten

POHL'schen Schraube zeigt sie sowohl in der elastischen als auch in der bleibenden Durchbiegung ungünstigere Werte. Das liegt einmal daran, dass die Festigkeit gegenüber der POHL'schen Schraube geringer ist, zum anderen, weil der Schulterbereich konstruktiv schwächer ausgeführt ist.

Das konstruktive Spiel der Schraube beträgt im eingeschobenen Zustand 0,28 mm und im ausgezogenen Zustand 0,40 mm. Die Drehung der Schraube im Köcher ist frei.

Die Messwerte der WINTER'schen Schraube lauten:

Tabelle 22

Kraft F_n in Kp	Durchbiegung der WINTER'schen Schraube	
	elastische	bleibende
5	0,20 mm	0,00 mm
10	0,47 mm	0,02 mm
15	0,70 mm	0,04 mm
20	0,92 mm	0,07 mm
25	1,20 mm	0,13 mm
30	1,46 mm	0,23 mm
35	1,86 mm	0,39 mm
40	2,38 mm	0,59 mm
45	3,01 mm	1,15 mm

Ergebnis der Belastungsprobe beim PUGH-Gleitnagel

Die Belastung an der Biegegrenze des PUGH-Nagels liegt bei 27,5 kp. Das ist der ungünstigste Wert aller untersuchten Nägel. Somit würden schon Kräfte, wie sie bei unbelastetem Hüftgelenk wirksam werden, zu einer unzulässig hohen Verformung des Nagels führen. Er ist damit nach den in der Industrie gültigen Forderungen an die

Stabilität von Werkstoffen zur Versorgung von Schenkelhalsfrakturen ungeeignet. Verschlechternd tritt noch das hohe konstruktive Spiel des Nagels hinzu:

Drehbewegungen des	im eingeschobenen Zustand	5°36'
Nagels im Köcher:	im ausgezogenen Zustand	8°35'

Messung des seitlichen Spiels:

in Richtung der Nut:	im eingeschobenen Zustand	0,27 mm
	im ausgezogenen Zustand	1,63 mm

senkrecht zur Nut:	im eingeschobenen Zustand	0,52 mm
	im ausgezogenen Zustand	2,16 mm

Die Messwerte des Belastungsversuchs lauten:

Tabelle 23

Kraft F_n in Kp	Durchbiegung des PUGH-Nagels	
	elastische	bleibende
2	0,10 mm	0,00 mm
4	0,20 mm	0,00 mm
7	0,42 mm	0,02 mm
10	0,62 mm	0,04 mm
13	0,84 mm	0,06 mm
15	1,00 mm	0,08 mm
17,5	1,22 mm	0,13 mm
20	1,44 mm	0,17 mm
22,5	1,69 mm	0,26 mm
25	2,00 mm	0,35 mm
27,5	2,30 mm	0,48 mm
30	2,61 mm	0,64 mm

Ergebnis der Belastungsprobe beim AO Nagel

Die Überprüfung des AO Nagels zeigte bei der bleibenden Verformung gute Werte. Der Nagel hält den Beanspruchungen bei unbelasteter Hüfte stand. Auffallend ist die schon bei geringer Belastung auftretende hohe elastische Verformung, die die günstigen Eigenschaften des Nagels bei einer Osteosynthese dadurch wieder aufhebt, dass feinste Wackelbewegungen am Frakturspalt auftreten.

Die Messwerte lauten:

Tabelle 24

Kraft F_n in Kp	Durchbiegung des AO Nagels	
	elastische	bleibende
5	0,46 mm	0,02 mm
10	0,89 mm	0,05 mm
15	1,34 mm	0,10 mm
20	1,79 mm	0,18 mm
25	2,26 mm	0,26 mm
30	2,70 mm	0,35 mm
35	3,26 mm	0,45 mm
40	3,78 mm	0,59 mm

Ergebnis der Belastungsprobe beim SMITH-PETERSEN Nagel

Bei der Untersuchung war der Nagel gemäss der Versuchsanordnung mit einer Charnley Platte verbunden. Die guten Werte bei der bleibenden Verformung sind mit durch die hohe Härte des Werkstoffes bedingt. Aber auch dieser Nagel weist eine relativ hohe elastische Verformung auf.

Die Messwerte lauten:

Tabelle 25

Kraft F_n in Kp	Durchbiegung des SMITH-PETERSEN Nagels elastische	bleibende
2,5	0,17 mm	0,00 mm
5	0,38 mm	0,00 mm
7,5	0,60 mm	0,01 mm
10	0,78 mm	0,02 mm
15	1,18 mm	0,04 mm
20	1,52 mm	0,06 mm
25	1,92 mm	0,09 mm
30	2,36 mm	0,13 mm
35	2,85 mm	0,20 mm
40	3,40 mm	0,28 mm
45	4,00 mm	0,44 mm

Ergebnis der Belastungsprobe beim Erprobungsnagel

Die Untersuchungen ergaben eine gute Formsteifigkeit des Nagels. Beachtenswert ist, dass sich dieser Nagel nicht am Übergang zur Lasche, sondern am Übergang vom Rohrquerschnitt zu den angesetzten Stegen verbiegt. Durch Verlängerung der Stege und durch Erhöhung der Härte des Materials könnte man die Stabilität des Nagels erheblich steigern.

Die Messwerte des Nagels lauten:

Tabelle 26

Kraft F_n in Kp	Durchbiegung des Erprobungsnagels elastische	bleibende
5	0,28 mm	0,00 mm
10	0,40 mm	0,02 mm
13,5	0,48 mm	0,06 mm
16	0,60 mm	0,10 mm
20	0,74 mm	0,16 mm

Fortsetzung Tabelle 26

Kraft F_n in Kp	Durchbiegung des Erprobungsnagels	
	elastische	bleibende
25	0,91 mm	0,22 mm
30	1,08 mm	0,31 mm
35	1,28 mm	0,38 mm
40	1,46 mm	0,48 mm
45	1,65 mm	0,54 mm
50	1,84 mm	0,62 mm

Ergebnis der Belastbarkeitsuntersuchung eines Laschen-
nagels im Leichenknochen

Wie bereits erwähnt, wurde die Untersuchung durchgeführt, um zu überprüfen, wie weit das Einbetten des Nagels in den Knochen seine Widerstandsfähigkeit gegen Belastungen verändert. Mit anderen Worten, sind die Ergebnisse dieser Versuche ohne weiteres auf die Wirklichkeit zu übertragen? Aus theoretischen Überlegungen müsste man fordern, soll eine Änderung in den Eigenschaften der Nägel eintreten, dass die Spongiosa des Schenkelhalsbereiches dem Nagel einen erheblichen Widerstand entgegensetzt.

Hierüber lässt sich schon durch Untersuchungen der Druckfestigkeit der Spongiosa eine gewisse Aussage treffen. Solche Untersuchungen wurden an einem in Formalin fixiertem und dann in der Längsrichtung aufgespaltenem Leichenschienkelhals durchgeführt. Der Knochen zeigte keine osteoporotischen Veränderungen, wie die Röntgenaufnahme zeigt (Abb. 17).

Die Werte und Messpunkte sind der Abb. 18 zu entnehmen:

Abb. 17 Röntgenaufnahme des zu den Druckfestigkeitsuntersuchungen verwendeten Leichenknochens



Abb. 18 a Aufnahme des Präparats nach durchgeführten Druckfestigkeitsuntersuchungen



Abb. 18 b Werte und Messpunkte der Druckfestigkeits-
untersuchung der Leichenknochenspongiosa



Eine Verfälschung der Werte bei dem fixierten Material ist wahrscheinlich, im allgemeinen bringt jedoch eine Versprödung des Materials eine Erhöhung der Druckfestigkeit.

Die niedrig gemessenen Druckfestigkeiten der Schenkelhalsspongiosa lassen nicht erwarten, dass der Durchbiegung der Nägel grosser Widerstand entgegengebracht wird und somit ihre Belastbarkeit verändert wird.

Zum gleichen Ergebnis führte auch der Belastungsversuch des in einen frischen Leichenknochen eingetriebenen Laschennagels, der unter den anderen Belastungsversuchen analogen Bedingungen durchgeführt wurde.

Überraschenderweise zeigte sich aber eine Veränderung in der elastischen Verformung des Nagels. Ihre Erklärung findet sich in der Tatsache, dass in diesem Versuch die feste Unterstützung des Nagels am Übergang zur Lasche wegfiel. Die Kompakta des Femurschaftes bietet keine gleichwertige Unterstützung. Daher kommt es zu Nagelbewegungen an der Einschlagstelle. Diese Lockerung macht es nötig, dass ein Teil der Biegebeanspruchung von der Nagellasche aufgenommen wird, was zur Verschlechterung der Werte führt.

Hieraus lässt sich schliessen, dass ein Nagel ohne Laschenfixierung bei der Versorgung einer Schenkelhalsfraktur anderen Nägeln von vornherein unterlegen ist.

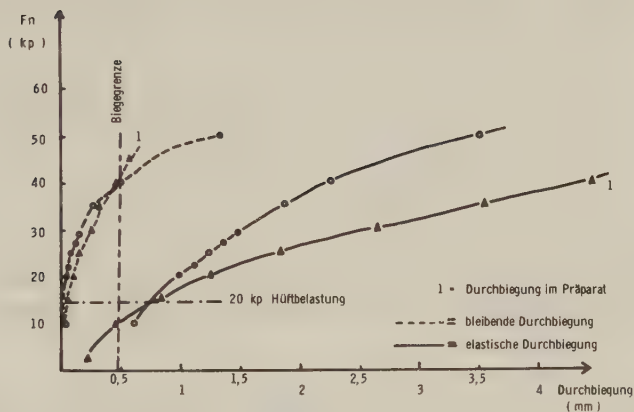
Folgender Tabelle sind die Messwerte dieses Belastungsversuchs zu entnehmen:

Tabelle 27

Kraft F_n in Kp	Durchbiegung des Laschennagels	
	elastische	bleibende
5	0,22 mm	0,00 mm
10	0,48 mm	0,02 mm
15	0,83 mm	0,04 mm
20	1,24 mm	0,09 mm
25	1,82 mm	0,14 mm
30	2,64 mm	0,25 mm
35	3,54 mm	0,30 mm
40	4,44 mm	0,47 mm
45	5,52 mm	0,56 mm

Diese Werte sind in ein Biegediagramm eingetragen, das zum Vergleich das Biegediagramm des uneingebetteten Laschennagels enthält (Abb. 19):

Abb. 19 Biegediagramm des uneingebetteten als auch des im Leichenknochen eingebetteten Laschennagels



Im Rahmen dieser Untersuchung konnte festgestellt werden, dass die Spongiosa unter der Auflagefläche des Nagels in der Bruchebene eine bleibende Verformung von über 2 mm bei einer Belastung von 40 kp erleidet.

E. KURZE ABHANDLUNG ÜBER DIE UNTERSUCHUNGSMETHODEN ZUR LEBENSFÄHIGKEIT DES SCHENKELKOPFES

Der hohe Prozentsatz der Kopfnekreosen bei der Behandlung der Schenkelhalsfraktur hat viele Autoren im Hinblick auf die einzuschlagende Therapie veranlasst, nach Verfahren zu suchen, die eine Voraussage über die Lebensfähigkeit des Schenkelkopfes gestatten,

Solche Verfahren bedienen sich einmal der Überprüfung des Blutkreislaufes im Kopffragment. Hierzu zählen:

1. die Ossovenographie (HERZOG, KAZAR, MANNINGER, TRYB und SPÄGLER)
2. die Arteriographie (MAURER)
3. die intraossäre Blutdruckmessung im Schenkelkopf (MILES).

Zum anderen wird den Verfahren die Stoffwechselsituation des Schenkelkopfes als Kriterium zu Grunde gelegt. Hier sind anzuführen:

1. ferment - histologische Untersuchungen nach intraoperativen Biopsien (SPIER, AMANN, BRÜCKE)
2. Isotopenuntersuchungen nach intravenöser oder lokaler Gabe von Jod 131 (FORGON, TUCKER, ARDEN, VEALL, BOYD, ZILVERSMIT und CALANDRUCCIO)
3. intraoperative Temperaturmessungen im Zentrum des Schenkelkopfes (ISELIN)
4. intraoperative Oxymetrien im Schenkelkopf (WOODHOUSE)

All diesen Methoden ist gemeinsam, dass die Fehlerbreite 25 - 30 % beträgt. Unter den auswertbaren Fällen bleibt schliesslich noch eine Fehldeutungsquote bis zu 30 % bestehen.

Auf Grund der wenig aussagekräftigen Ergebnisse dieser Untersuchungsverfahren sind wir der Meinung, dass sie keinen ausschlaggebenden Einfluss auf das Behandlungsverfahren nehmen sollten.

F. DISKUSSION

Die Schenkelhalsfraktur ist eine Erkrankung des vorge-rückten Alters, Frauen sind gegenüber den Männern bevor-zugt betroffen. Das lange Krankenlager als Folge der Fraktur stellt gerade in dieser Altersgruppe eine hohe Gefährdung der Patienten dar. Pneumonie und Lungenembolie fordern eine grosse Letalitätsrate. Die Einführung der Osteosyntheseverfahren in die Behandlung der Schenkelhalsfrakturen erzielte durch eine frühzeitige Mobilisa-tion der Patienten eine deutliche Verringerung der Mor-talität. Auch in diesem Krankengut ist das deutlich zu belegen (Rückgang von 30,8 % auf 10,97 %). Unverändert bleibt jedoch die Bedeutung der Lungenembolie und der Pneumonie als Todesursache (33,9 %, 16,1 %).

Die Herabsetzung der Mortalität allein hat nicht alle Probleme der Schenkelhalsfraktur gelöst. Der hohe Anteil der Kopfnekrosen und der Pseudoarthrosen beschäftigt Chirurgen und Orthopäden sei langer Zeit.

Die Ursachen solcher Heilungsstörungen sah man lange in der biologischen Sonderstellung des Schenkelhalses, bis die Arbeit von PAUWELS auf die Bedeutung mechanischer Faktoren aufmerksam machte.

An Hand der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob aus den Ergebnissen Rückschlüsse über den Einfluss mechani-scher Faktoren auf die Heilung der Schenkelhalsfrakturen

gezogen werden können. Aus diesem Gesichtspunkt heraus sollen die Fälle des Krankengutes, bei denen es zu einer Heilungsstörung gekommen ist, auf den pathogenetischen Einfluss mechanischer Faktoren untersucht werden.

Bekannt ist, und es dokumentiert sich auch in unserem Krankengut, dass die kopfnahen Frakturen bevorzugt Heilungsstörungen aufweisen. Ursache ist einmal die Besonderheit der Gefässversorgung, zum anderen sicher aber auch die erhöhte Anfälligkeit des schwachen Markregenerats gegenüber den mechanischen Kräften. Kann man doch beobachten, dass bei genügender mechanischer Ruhigstellung der Fraktur selbst avaskuläre Kopffragmente fest anwachsen (REIMERS). Voraussetzung der Revaskularisation ist in erster Linie die Ruhe am Bruchspalt. Für die überwiegende mechanische Bedeutung spricht auch der unterschiedliche Prozentsatz der Heilungsstörungen bei den verschiedenen Osteosyntheseverfahren.

Die physikalische Überprüfung einiger Osteosynthesematerialien hat gezeigt, dass deutliche Unterschiede gegenüber Belastungen zwischen den Nägeln bestehen. Hierdurch finden die im Krankengut gemachten unterschiedlichen Behandlungsergebnisse ihre Erklärung.

In diesem Kollektiv kann auch, gemäss den PAUWELS'schen Ausführungen, die Beobachtung gemacht werden, dass Frakturen des Bruchtyps PAUWELS III anfälliger gegen Heilungsstörungen sind. Hierbei ist zu bedenken, dass nach den Untersuchungen von TRUETA diese Bruchform eher zur Unterbrechung der Blutversorgung führt als andere. Dennoch sind wir der Meinung, dass auch hier der Mechanik eine Bedeutung zukommt. Wie anders lässt sich sonst der Unterschied in den Behandlungsergebnissen mit verschiedenen Osteosyntheseverfahren erklären?

Widersprüchlich ist auch der in unserem Krankengut zu konstatierende bedeutende Anteil der lateralen Frakturen an den Heilungsstörungen. Hier kann selbst bei steilem Bruchspaltverlauf die Eintrittsstelle der lateralen Epiphysengefäße nicht zerstört werden. Nach TRUETA ist aber nur die Zerreißung der Gefäße bei ihrem Eintritt in den Knochen von Bedeutung.

An Hand dieser durch die Untersuchungsergebnisse belegten Ausführungen sind wir der Meinung, dass der mechanischen Situation am Bruchspalt der Vorrang zukommt. Der Neigungswinkel des Bruchspaltes mit der daraus resultierenden Stärke der Scherkräfte und die Stabilität der Osteosynthese sind schicksalsweisend für die Schenkelhalsfraktur.

Die in diesem Krankengut im Vergleich zu Literaturangaben auffallend geringen Heilungsstörungen sind wohl mit Recht auf das seit 1964 in der Giessener Klinik angewendete Operationsverfahren zurückzuführen. Die physikalische Untersuchung des Laschennagels hat trotz der geringen Härte des Materials gute mechanische Eigenschaften aufgezeigt. Die Erhöhung der Härte des Werkstoffes könnte noch eine weitere Verbesserung bringen.

Seit Anwendung dieses Verfahrens sind die Heilungsstörungen von 14,85 % auf 5,39 % gesunken. Auch vor 1964 ist der Laschennagel in über einem Drittel der Fälle zur Anwendung gekommen. Hieraus erklärt sich die selbst mit 14,85 % noch günstige Heilungsstörunqsquote.

Auffallend ist jedoch der Anstieg der Teilnekrosen capitis femoris seit 1964 (von 0,6 % auf 2,7 %). Bei der Überprüfung dieser Fälle ist festzustellen, dass bei allen der Nagel durch die fovea capitis femoris

geschlagen wurde! Hier scheint die Teilnekrose auf eine echte Durchblutungsstörung infolge der Zerstörung der über das Ligament in den Kopf eintretenden Blutgefäße zurückzuführen sein. Diese Komplikation wurde jedoch nur in 6 bei 207 durchgenagelten Fällen beobachtet (2,9 %), so dass auf Grund der besseren mechanischen Situation und der guten klinischen Ergebnisse (in allen Fällen Beschwerdefreiheit) keine Kontraindikation hieraus abgeleitet werden kann, solange es kein mechanisch besseres Verfahren gibt.

Auch die Befürchtung, dass es infolge der Durchnagelung zu arthrotischen Gelenksveränderungen kommen kann, liess sich an Hand der Nachuntersuchungen nicht bestätigen.

Anhang:

Zum Schluss soll an den Heilungsstörungen dieses Krankengutes im einzelnen überprüft werden, ob die oben genannten Faktoren ursächlich verantwortlich sind.

Pseudoarthrosen:

1. Fall: 71-jährige Patientin; häuslicher Unfall; mediale Fraktur, Typ Pauwels III. Gute Reposition; Versorgung mit Dreilamellennagel (FELSENREICH), der zentral eingeschlagen wurde. Röntgenkontrolle nach 2 Jahren: Pseudoarthrose.
Nach unseren Untersuchungen ist Osteosynthesematerial ohne Lasche mechanisch wenig stabil, besonders bei zentraler Lage des Nagels und bei steil verlaufendem Bruchspalt.

2. Fall: 83-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit POHL'scher Schraube; Nagelung technisch nicht einwandfrei: Schraube parazentral am oberen Rand des Kopffragmentes. Röntgenkontrolle nach 8 Monaten: Nagel war nach cranial aus dem Kopffragment herausgebrochen, straffe Pseudoarthrose.
Auch hier hatte die unzulängliche Versorgung der Fraktur keine genügende mechanische Ruhigstellung erbracht.
3. Fall: 72-jährige Patientin; Bagatelltrauma; laterale Fraktur, Typ Pauwels III. Versorgung mit zentral eingeschlagenen Dreilamellennagel (FELSENREICH). Die mechanische Situation ist hier noch schlechter als im 1. Fall. Durch die laterale Lage des Bruchspaltes ist die Fixierung des Nagels im Trochanterbereich insuffizient.
4. Fall: 61-jährige Patientin; laterale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit POHL'scher Schraube; parazentrale Schraubenlage: Drehmoment wird durch POHL'sche Schraube nicht verhindert. Folge: Abrutschen des Kopfes, Pseudoarthrose.
5. Fall: 67-jähriger Patient; häuslicher Unfall; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit Dreilamellennagel. Spätere Röntgenkontrollen: Lokkerung des Nagels, die zum Ausgleiten aus dem Kopffragment führte. Folge: coxa vara-Stellung und Pseudoarthrose.
6. Fall: 72-jährige Patientin; laterale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit Dreilamellennagel.

Folge: Die schlechte Fixation des Nagels in dem kurzen trochanteren Fragment führt zur Lockerung und zum Herausgleiten des Nagels. Zweite Operation nach 3 Wochen: POHL'sche Schraube. Trotz allem keine mechanische Stabilisierung: Nach einem Jahr Dislokation des Schenkelkopfes und Pseudoarthrose.

7. Fall: 46-jährige Patientin; häuslicher Unfall; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit Dreilamellennagel.
Auch hier muss die mangelnde mechanische Stabilität des Dreilamellennagels als Ursache der Pseudoarthrose angesehen werden.
8. Fall: 47-jähriger Patient; mediale Fraktur, Frakturtyp nach Pauwels nicht bestimmbar. Versorgung mit Dreilamellennagel.
9. Fall: 67-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit POHL'scher Schraube. Keine zentrale Schraubenlage, auftretende Drehkräfte wurden durch die Osteosynthese nicht ausgeschaltet.
10. Fall: 75-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels III. Versorgung mit Laschennagel.
11. Fall: 57-jähriger Patient; Verkehrsunfall; laterale Fraktur, Typ Pauwels III. Versorgung mit Laschennagel: Der Nagel war nicht durch die Kopfcorticalis geschlagen, die Nagelspitze lag im oberen äusseren Quadranten des Kopfes. Folge: Abkippen des Kopfes von der Nagelspitze, Pseudoarthrose.

12., 13. und 14. Fall: In allen drei Fällen handelt es sich um pertrochantere Frakturen des Typs Pauwels II. Sie wurden sämtlich mit einem Laschennagel behandelt. Reposition und Nagel-lage waren in allen drei Fällen regelrecht. Auf den in der Klinik vorhandenen Röntgenbil-dern (letzte Kontrolle kurz nach der Entlassung) findet sich kein Anhalt für eine Pseudoarthrose. In der Umfrage an die Hausärzte wurde jedoch mitgeteilt, dass es zur Ausbildung einer Pseudoarthrose gekommen sei. Da es bei den an sich gut heilenden pertrochanteren Frakturen selten zur Pseudoarthrose kommt, wäre eine Nachunter-suchung dieser Fälle von besonderem Interesse gewesen. Leider waren die Patienten bereits alle verstorben.

Kopfnekrosen:

15. Fall: 67-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels III. Versorgung mit Dreilamellennagel. Mangelnde Stabilität der Osteosynthese und die durch den steilen Bruchspaltverlauf gefährdete Durchblutung des Kopffragmentes sind die Ur-sachen, die nach unserer Meinung zur Kopfnekrose führten.
16. Fall: 49-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit Dreilamellennagel. Folge: Mechanische Instabilität der Osteosynthese, Lockerung und Herausgleiten des Nagels.
17. Fall: 54-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels III. Versorgung mit POHL'scher Schraube.

18. Fall: 62-jährige Patientin; häuslicher Unfall; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit Dreilamellennagel. Folge: Lockerung und Herausgleiten des Nagels.
19. Fall: 59-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Reposition nach Gelenkseröffnung, Versorgung mit POHL'scher Schraube.
20. Fall: 66-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit Laschennagel: Nagelung technisch nicht einwandfrei, der Nagel lag zu hoch, dicht unterhalb der oberen Kopfbegrenzung - möglicherweise ist es hierdurch zur Zerstörung der lateralen Epiphysengefäße gekommen.
21. Fall: 71-jähriger Patient; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit POHL'scher Schraube. Die Ausbildung eines Gelenksabzesses mag dafür sprechen, dass in diesem Fall entzündliche Veränderungen am Zustandekommen der Kopfnekrose beteiligt waren.
22. Fall: 71-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit Laschennagel: Wundinfektion - Osteomyelitis. Folge: Kopfnekrose.
23. Fall: 65-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels I. Versorgung mit Dreilamellennagel. Eine wesentliche Dislokation bestand nicht. Eine Gefährdung der Blutversorgung ist unter dieser Frakturkonstellation gering, so dass hier mechanische Faktoren hauptverantwortlich an der Ausbildung der Kopfnekrose sind.

24. Fall: 55-jährige Patientin; laterale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung durch POHL'sche Schraube: Reposition und Nagellage waren schlecht, Teil der Bruchfläche waren nicht adaptiert - dadurch wurde das Kräfteverhältnis am Frakturspalt zum ungünstigeren Typ Pauwels III verschoben, weiterhin das Knochenregenerat in seiner Stärke eingeschränkt.
25. Fall: 69-jährige Patientin; laterale Fraktur, Typ Pauwels III. Versorgung mit Dreilamellennagel.
26. Fall: 70-jährige Patientin; laterale Fraktur, Typ Pauwels III. Versorgung mit Laschennagel: Nagelspitze ca. 1,5 cm von der Kopfkortikalis entfernt - dadurch wurde das Kippmoment des Kopfes, das bei Frakturen des Typs Pauwels III stark hervortritt, durch die Osteosynthese nur ungenügend aufgefangen.

Kopfnekrose und Pseudoarthrose:

27. Fall: 60-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels III. Versorgung mit Dreilamellennagel.
28. Fall: 57-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit POHL'scher Schraube: Osteosynthese instabil, der Schenkelkopf ist abgerutscht. Spätere Versorgung der Fraktur mit zwei zusätzlichen Steinmann-Nägeln konnte die Heilungsstörung nicht verhindern.
29. Fall: 71-jährige Patientin; mediale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit Dreilamellennagel.

30. Fall: 84-jährige Patientin; laterale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit Laschennagel.

31. Fall: 66-jährige Patientin; laterale Fraktur, Typ Pauwels II. Versorgung mit POHL'scher Schraube.

Die Sichtung der bei unseren Heilungsstörungen angewendeten Osteosyntheseverfahren auf mechanische Mängel lässt bei einem Viertel der Fälle eindeutig mechanische Instabilitäten erkennen (Fälle: 2, 4, 5, 6, 11, 16, 18, 28).

Bei weiteren 16 Fällen (2/4 der Fälle) sind auf Grund der unterschiedlichen Behandlungsergebnisse einzelner Osteosyntheseverfahren im Zusammenhang mit der physikalischen Überprüfung der Nägel mechanische Ursachen mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen.

Hierdurch wird auch an Hand der vorangesetzten Einzelfälle unsere Auffassung über die Bedeutung mechanischer Faktoren für die Ausbildung von Pseudoarthrosen und Kopfnekrosen bestätigt.

G. KONSEQUENZEN AUS DER UNTERSUCHUNG ÜBER DIE STABILITÄT DER NÄGEL UND AUS DEN KLINISCHEN ERGEBNISSEN

Aus den Untersuchungsergebnissen lassen sich folgende Schlussfolgerungen ableiten:

1. Heilungsstörungen von Schenkelhalsfrakturen werden durch mechanische Faktoren wesentlich verursacht.
2. Aus dieser Erkenntnis ergibt sich die operative Behandlung aller Schenkelhalsfrakturen (mit Ausnahme moribunder Patienten).

3. Bei der operativen Behandlung ist die unterschiedliche mechanische Stabilität der einzelnen Osteosyntheseverfahren zu beachten. Gleichbleibenden Erfolg hat nur das stabilste Verfahren. Nach unseren Erfahrungen hat sich der Laschennagel bewährt.
4. Bei der industriellen Herstellung von Osteosynthesematerialien wird teilweise durch Fehler in der Produktion eine Einbusse an Stabilität verursacht, die vermeidbar ist.
5. Unter Beachtung dieser Forderungen lässt sich der Anteil der Heilungsstörungen bei Schenkelhalsfrakturen so niedrig halten, dass häufig eingreifendere Massnahmen wie primäre Endoprothesen nicht notwendig sind.

H. ZUSAMMENFASSUNG

Bei der Behandlung der Schenkelhalsfrakturen sind die Kopfnekrosen und die Pseudoarthrosen die gefürchtetsten Spätkomplikationen im Heilungsverlauf. Ursächlich angeklagt für das Zustandekommen dieser Heilungsstörungen werden biologische Besonderheiten des oberen Femurendes sowie die aussergewöhnlich hohe mechanische Beanspruchung des Knochenregenerats.

Die in der Literatur stark voneinander abweichenden Angaben über die Häufigkeit solcher Heilungsstörungen, bestärkten uns in unserer Auffassung, dass mechanische Faktoren bei der Heilung der Schenkelhalsfraktur entscheidenden Einfluss nehmen.

Zur Überprüfung dieser Annahme erfassten wir 800 frische

Schenkelhalsfrakturen, die in den Jahren 1955 - 1969 in der Giessener Chirurgischen Universitätsklinik behandelt wurden.

Bei der Auswertung und Nachuntersuchung der operativ behandelten Fälle konnte aufgezeigt werden, dass die Häufigkeit der Heilungsstörungen von mechanischen Faktoren abhängig ist:

1. Zunahme der Komplikationen bei steilem Verlauf des Neigungswinkels der Frakturebenen und somit beim Überwiegen ungünstiger mechanischer Kräfte.
2. Unterschiedliche Heilungsstörrungsrate bei den verschiedenen angewendeten Osteosyntheseverfahren.

Die unterschiedlichen Behandlungsergebnisse bei den einzelnen Osteosyntheseverfahren veranlasste uns weiterhin, das Osteosynthesematerial hinsichtlich seiner metallurgischen und mechanischen Eigenschaften zu untersuchen.

Die Prüfungen wurden am uneingebetteten Osteosynthesematerial vorgenommen. In einem weiteren Modellversuch bei einem im Leichenknochen eingebetteten Nagel wurde ausgeschlossen, dass durch die Einlagerung des Nagels in den Knochen wesentliche Änderungen in seinen mechanischen Eigenschaften eintreten.

Im Einklang mit den klinischen Ergebnissen zeigte die physikalische Überprüfung der Osteosynthesematerialien deutliche Unterschiede im mechanischen Verhalten der überprüften Nägel und Schrauben.

Aus den Ergebnissen wird der Schluss gezogen, dass mechanisch stabilen Verhältnissen am Bruchspalt bei der Heilung der Schenkelhalsfrakturen überwiegende Bedeutung zukommt. Hieraus lassen sich Konsequenzen für die operative Behandlung der frischen Schenkelhalsfraktur herleiten.

I. LITERATURVERZEICHNIS

- BANDI, W. Zur Versorgung der Schenkelhalsfrakturen mit Hüftendoprothesen
Helv. chir. Acta 34 (1967), 455
- BOITZY, A. Ansicht der AO bei frischen Schenkelhalsbrüchen
Hefte zur Unfallheilkunde
Heft 97 (1968), 86-88
- BONN Zur Frage der knöchernen Heilungsfähigkeit subcapitaler Schenkelhalsfrakturen
Arch. f. klin. Chir., Bd. 128 (1924) und Bd. 134 (1925),
zitiert nach Pauwels
- BRÜCKNER, R.
SERFLING, H. J. Nagelung und Trochanterabmeisselung
Hefte zur Unfallhkl. 97 (1968), 107-108
- BUCHHOLZ, H. W. Technik und Anwendungsmöglichkeiten der totalen Endoprothese für das Hüftgelenk
Langenbecks Arch. für klin. Chir., Bd. 325 (1969), 777-789
- CRAMER, W. Die vereinfachte operative Behandlung der Schenkelhalsfrakturen unter Sicht im Bildwandler
Der Chirurg 30. Jg. (1959) Heft 8, 364-367
- DENISCHI, A.
BACIU, C.
MARIN, I. Vergleichende Studie über die verschiedenen Arten von Osteosynthesen in der Behandlung frischer Schenkelhalsbrüche
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 109-110
- DIETHELM, L.
JÖTTEN, G.
LENZ, W.
VÖLKEL, L. Über ein Röntgendurchleuchtungsgerät mit Bildverstärker
Röntgenbl. 9, 216 (1956)

- DUJARIER, CH. Technique opératoire du
vissage du col fémoral
dans les fractures récentes
Presse méd. (1921), Jg. 29
Nr. 43, 421-424
- ECKE, H. Der frische Schenkelhals-
bruch, seine Sonderstellung
als Gelenkfraktur und seine
Komplikationen
Langenbeck's Arch. für klin.
Chir., Bd. 325 (1969), 771-
776
- ECKE, H. Technische Vervollkommnung
zur sicheren Placierung von
Schenkelhalsnägeln
Hefte zur Unfallhkl. Heft 91
(1966), 60-63
- ECKE, H.
SPITZER, G. Bedeutung des simultanen Ein-
satzes zweier Fernsehbildver-
stärker für die transtrochan-
tere Schenkelhalsosteosynthese
Wehrmedizinische Monatsschrift,
10. Jg. (1966), Heft 12, 337-
339
- ECKE, H.
SPITZER, G.
KRAUS, J. Verbesserte Technik in der Be-
handlung frischer Schenkelhals-
brüche und mit abgekürzten
Operationszeiten und ihre Er-
gebnisse
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97,
(1968), 94-95
- ECKE, H.
SPITZER, G.
KRAUS, J. Die Operation von Schenkelhals-
frakturen mit dem starren Füh-
rungsspiess und dem Doppelbild-
wandlersystem
Monatsschr. Unfallhkl., Nr. 73
(1970), 153-168
- EIGENTHALER, L.
MÖSENER, H. Ergebnisse der mit dem Böhler-
Nagel operierten Schenkelhals-
brüche
Hefte zur Unfallhkl. 97 (1968),
67-71

- ENDER, J. Probleme beim frischen Schenkelhalsbruch
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 3-11
- ESCHBERGER, J. Die Histologie der Schenkelhalsbrüche
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 15-16
- EWERWAHN, W. J. Die Nagelung und gleichzeitige partielle Hängehüfte nach VOSS zur Pseudarthrosenverhütung bei Schenkelhals-Adduktionsbrüchen PAUWELS III
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 105-106
- FELSENREICH, F. Osteosynthese medialer Schenkelhalsbrüche
Arch. klin. Chir. 179, 29 (1934)
- FORGON, M. Zur Biomechanik der Schenkelhalsnagelung
Arch. f. orthop. u. Unfall-Chir. 61, 66-84 (1967)
- FRANGENHEIM Studien über Schenkelhalsfrakturen und die Vorgänge bei ihrer Heilung
Deutsche Zeitschrift f. Chirurgie, Band 83 (1906), zitiert nach Pauwels
- FRANK, E. Metallurgische Probleme der Osteosynthese
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 49-52
- HACHSTOCK, H.
- HACKENBROCH, M. H. jun. Stabilitäts-Untersuchungen verschiedener Osteosynthesematerialien beim Schenkelhalsbruch
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 53-55

- ELIAS, H. Laschennagelung bei der frischen Schenkelhalsfraktur
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 83-84
- HARMS, H. Erfahrungen mit der Laschennagelung bei per- und subtrochanteren Frakturen
Hefte zur Unfallhkl., Heft 91 (1966), 65-66
- HARTL, W. Behandlung der Schenkelhalsbrüche
Med. Klinik, 64. Jg., Heft 14, 613-620 (1969)
- HENSCHEN, C. Behandlung der medialen Schenkelhalsbrüche durch femoropelvine Auffädelsverschraubung
Med. Welt (1933) Nr. 14, 474-477
Historische Betrachtungen
- HESSE Zur pathologischen Anatomie der Schenkelhalsfraktur
Arch. f. klin. Chir. Bd. 134 (1925), zitiert nach Pauwels
- HESSE Beitrag zur Anatomie und Therapie der Schenkelhalsbrüche
Dtsch. Zeitschr. f. Chir. Bd. 199 (1926), zitiert nach Pauwels
- ISELIN, M. Metallprothesen nach Schenkelhalsfrakturen
Arch. f. orthop. u. Unfall-Chir. 63, 52-64 (1968)
- JAHNA, H. Kopfnekrosen
KOCENDA, F. Hefte zur Unfallhkl. Heft 97
RIEDL, W. (1968), 139-143
- JOHANSSON, S. Zur Technik der Osteosynthese der fractura colli femoris
Zentralbl. Chir. 59, 2019 (1932)

- JOHANSSON, S. On the operative treatment of
medial fractures of the neck
of the femur
Acta orthop. Scand. Kobenhavn 3,
362-392 (1932)
- JONASCH, E. Unfallchirurgische Operationen
W. de Gruyter, Berlin 1965
- KOSCHITZ-KOSIC, H. Über Schenkelhalsfrakturen als
Folge von Strahlenschäden
Österreichische Gesellschaft für
Chirurgie und Unfallheilkunde,
Bericht über die 2. Tagung in
Wien 9. - 11. Sept. 1960, 277-
283, Urban und Schwarzenberg
GmbH Wien (1961)
- KOSLOWSKI, L. Zur Technik der Schenkelhals-
nagelung mit dem Drei-Lamellen-
Nagel
Der Chirurg, 31. Jg. (1960),
306-308
- KRABBEL, M. Ergebnisse der Behandlung des
Schenkelhalsbruches
Monatsschrift für Unfallheilk.
u. Versicherungsmed., Berlin 39,
151-157 (1939)
- KREUZ Die Pathophysiologie des Schen-
kelhalsbruches und seine Behand-
lung
Verhandl. der Dtsch. orthop.
Ges. Bd. 27, 17-37
- KROENER, D. Versorgung von Schenkelhalsfrak-
turen mit gleitenden Schrauben
Monatsschrift f. Unfallhkl. Jg. 69
Heft 6, 267-274
- KROTSCHECK, H. Die Böhler-Nageltechnik
Hefte zur Unfallhkl. Heft 97
(1968), 65-67

- KÜNTSCHER, G. Die Nagelung des Schenkelhalsbruches
Chir. Praxis, 1 (1957), 317
- MAKAI, F. Nagel und Span
CERVENANSKY, J. Hefte zur Unfallhkl., 97 (1968),
103-105
- MATTI zitiert nach Nigst
- MAURIZIO, E. Die Behandlung der medialen
Schenkelhalsfrakturen mittels
zweier Schrauben
Hefte zur Unfallhkl. Heft 97
(1968), 89-92
- METZ, R. Ein Beitrag zur vereinfachten
Bestimmung des Antetorsions-
winkels am Schenkelhals
Arch. f. orthop. u. Unfall-Chir.
56, 85-90 (1964)
- MÜLLER, W. Die normale und pathologische
Physiologie des Knochens
Leipzig 1924, zitiert nach
Pauwels
- NESTLE, W. Die Doppelnagelung des frischen
Schenkelhalsbruches nach K. H.
BAUER
Hefte zur Unfallhkl., 97 (1968),
75-77
- NEUHOLD, R. Zur pathologischen Anatomie des
Oberschenkelhalsbruches
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97
(1968), 12-14
- NIGST, H. Spezielle Frakturen- und Luxa-
tionslehre
Bd. III, Georg Thieme-Verlag
Stuttgart (1964), 105
- NYSTRÖM, G. Some experiences with the treat-
ment of fractura colli femuris
medialis by the pegging method of
Smith-Peterson-Sven Johansson
Acta chirurgica Scand. Stockholm
76, 1-20 (1935)

- OBERDALHOFF, H.
NESTLE, W. Die Doppelbolzung nach K. H. Bauer in der operativen Behandlung frischer medialer Schenkelhalsbrüche
Langenbeck's Arch. f. klin. Chir. 312. Band, Heft 3 (1965), 233-253
- OTTOLENGHI, C. E. Frakturen des Schenkelhalses
Triangel, Sandoz-Zeitschrift f. Med. Wissenschaft, Bd. 8, Nr. 6 (1968), 226-236
- PANNIKE, A.
MEYER, J.
RUEFF, F. L. Frakturwinkel und Heilverlauf bei der Schenkelhalsfraktur
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 110-112
- PAUWELS, F. Grundlagen des Heilungsvorganges bei Schenkelhalsbrüchen
Verh. d. Dtsch. orthop. Ges. 29, 54 (1934), 54-78
- PAUWELS, F. Der Schenkelhalsbruch - Ein mechanisches Problem
Ferdinand Enke - Verlag Stuttgart (1935)
- PAUWELS, F. Gesammelte Abhandlung zur funktionellen Anatomie des Bewegungsapparates
Springer-Verlag 1965
- PIETSCH, P. Autoplastische Fibulabolzung
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 102-103
- POVACZ, F. Ursachen der Pseudarthrosen nach operierten Schenkelhalsbrüchen
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 137-139
- PUTTI, V. Die operative Behandlung der Schenkelhalsbrüche
Ferdinand Enke - Verlag Stuttgart (1942)

- REHBEIN, F. Zur Nagelung pertrochanterer
Oberschenkelbrüche
Der Chirurg 19. Jg. (1948)
Heft 12, 562-565
- REHBEIN, F.
GELBKE, H. Vereinfachte Technik der Schen-
kelhalsnagelung
Der Chirurg 22. Jg. (1951)
Heft 10, 439-443
- REIMERS, C. Zum Prinzip der Gleitosteo-
synthese bei Versorgung medialer
Schenkelhalsbrüche
Hefte zur Unfallhbk., Heft 97
(1968), 77-81
- RETTIG, H. Die kindliche Schenkelhals-
fraktur und ihre Spätfolgen
Hefte zur Unfallhbk., Heft 91
(1966), 70-72
- RETTIG, H.
SCHÄFER, R. Zur Behandlung von Spätschäden
nach Schenkelhalsfrakturen
Arch. f. orthop. u. Unfall-Chir.
59, 138-146 (1966)
- RYDELL, N. Intravital measurements of
forces acting on the hip-joint.
In: F. G. EVANS: Studies on the
anatomy and function of bone and
joints. Berlin-Heidelberg-New York:
Springer 1966
- SCHADENBÖCK, R.
SCHLAG, G. Die Antikoagulantien - Prophylaxe
der Thrombo-Embolie bei Frakturen
im Bereich der Hüfte
Hefte zur Unfallhbk., Heft 97
(1968), 60-63
- SCHAUWECKER, F.
WEILER, S. Die Behandlung der medialen
Schenkelhalsfraktur durch per-
cutane Kompressionsverschraubung
Hefte zur Unfallhbk., 97 (1968),
92-94

- SCHLACHETZKI, J.
HEIMANN, D. Die Schenkelhalsbrüche und deren Behandlung
Therapie der Gegenwart, Heft 4,
108. Jg. (1969), 522-541
- SCHLAG, G. Anästhesiologische Probleme bei der Schenkelhalsfraktur
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97
(1968), 57-60
- SCHÜTZ, W.
FROMMHOLD, W. Fortschritte in der chirurgischen Röntgendiagnostik durch Verwendung des Bildverstärkers
Der Chirurg 27. Jg. (1956) Heft 8,
337-341
- SEMB, C. The technique of nailing of fractures of the neck of the femur
Surgery, Vol 4, Nr. 3 (1938),
321-360
- SIMON-WEIDNER, R. Multiple Nagelungen
Hefte zur Unfallhkl., Heft 97
(1968), 84-86
- SMITH-PETERSEN, M.N.
CAVE, E. F.
VANGORDER, G. W. Intracapsular Fractures of the neck of the femur
Arch. of Surgery, Volume 23
(1931), 715-759
- SPEED, J. S. Central fractures of the neck of the femur
The journ. of American Medical Associ. Chicago 104, 2059-2063
(1935)
- SPIER, W. Primärer Hüftkopfersatz durch Moore-Prothese in der Therapie der frischen medialen Schenkelhalsfraktur
Hefte zur Unfallhkl., Heft 91
(1966), 63-65

- SZABO, L.
LANNINGER, J.
KAZAR, G.
NAGY, E.
- Über die Anwendung des Bildverstärkers bei Schenkelhalsnagelungen
Zentralblatt f. Chir. (1964)
Heft 18, 686-689
- TRUETA, J.
- Die Anatomie der Gefäße des Oberschenkelkopfes und ihre Empfindlichkeit gegenüber traumatischer Schädigung
Hefte zur Unfallhlk. Heft 97 (1968), 18-27
- VERTH, zur
- Der Schenkelhalsbruch in der Unfallheilkunde
Verhandl. der Dtsch. orthop. Ges. Band 27, 37-48
- VOSSSCHULTE, K.
- Erleichterte Richtungsbestimmung des Führungsdrahtes ohne Zielgerät bei der extraartikulären Osteosynthese der Schenkelhalsfraktur
Der Chirurg, 12. Jg. (1940)
Heft 17, 518-520
- WEIS, J.
- Über die Technik der Schenkelhalsnagelung bei pertrochanteren Frakturen
Der Chirurg, 21. Jg. (1950)
Heft 1, 44-46
- WEIS, J.
- Heilergebnisse genagelter pertrochanterer Frakturen (Zweischenkelnagel)
Der Chirurg, 22. Jg. (1951),
Heft 10, 445-448
- WEISS, J. W.
- Transfixation
Hefte zur Unfallhlk., Heft 97 (1968), 71-73
- WESCOTT, H. H.
- A method for the internal fixation of transcervical fractures of the femur
J. Bone and Joint Surg. (American edition-British edition) Boston 16, 372-378 (1934)

- WHITMAN, A. The establishment of surgical principles in the treatment of fracture of the neck of the femur Arch. of surg. (1920) Bd. 1 Nr. 3, 469-482
- WITT, A. N.
JÄGER, M. Die primäre Alloarthroplastik bei medialen Schenkelhalsfrakturen Arch. orthop. Unfall-Chir. (1968)
- WITTEBOL, W. Die Behandlung von Schenkelhalsfrakturen unter Verwendung einer Endoprothese Einführung einer neuen Anteverersions-Hüftprothese Schleswig-Holsteinisches Ärzteblatt 18. Jg. Heft 12 (1965) Sonderdruck
- WOODHOUSE zitiert nach Ecke
- ZIFKO, B.
VLASICH, E. Infektionen beim operierten Schenkelhalsbruch Hefte zur Unfallhkl., Heft 97 (1968), 134-136
- ZIMMERMANN, W. E. Zur Osteosynthese bei pathologischen Schenkelhalsfrakturen Hefte zur Unfallhkl., Heft 91 (1966), 72-75
- weiterhin:
- AMANN
ARDEN
BOYD
BRÜCKE
CALANDRUCCIO
FORGON
HERZOG
ISELIN
KAZAR
MANNINGER
MAUERER
SPÄGLER
SPIER
TUCKER
TRYB
VEALL
ZILVERSMIT
- Diskussionsbeiträge in Hefte zur Unfallheilkunde Heft 97 (1968)

Herrn Prof. Dr. med. H. Ecke bin ich
für die Überlassung des Themas und
seine stets bereitwilligst geleistete
Hilfe bei der Fertigstellung der Arbeit
dankbar.

Für seine Unterstützung bei der Durch-
führung der experimentellen Untersuchun-
gen danke ich Herrn Dipl.-Ing. H. Bach.

L e b e n s l a u f

Am 1. Dezember 1939 wurde ich, Jürgen Kraus, als Sohn des Bernhard Kraus und seiner Ehefrau Elisabeth geb. Hartmann in Giessen geboren. Im Anschluss an die Grundschule besuchte ich neun Jahre das Liebig-Gymnasium in Giessen, ein naturwissenschaftliches Gymnasium, das ich 1959 mit dem Zeugnis der Reife verliess. Nach Ableistung meiner einjährigen Wehrpflicht begann ich im Sommer 1960 mein Medizinstudium an der Justus Liebig-Universität in Giessen. Hier studierte ich bis zu meinem Staatsexamen am 15. 7. 1966. Meine Medizinalassistentenzeit absolvierte ich an den Universitäts-Kliniken Giessen. Am 31. 8. 1968 erhielt ich die ärztliche Bestallung und bin seitdem als Verwalter einer wissenschaftlichen Assistentenstelle in der Chirurgischen Universitäts-Klinik Giessen angestellt.

